

(51)Int.Cl.⁷ 識別記号 F I テーマコード* (参考)
H 0 1 L 33/00 H 0 1 L 33/00 A 5 F 0 4 1
21/205 21/205 5 F 0 4 5

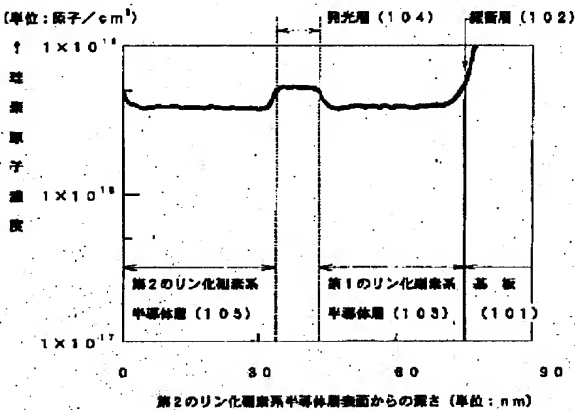
審査請求 未請求 請求項の数12 O L （全 12 頁）

(21)出願番号 特願2002-47457(P2002-47457)
(22)出願日 平成14年 2 月25日(2002. 2. 25)

(71)出願人 000002004
昭和電工株式会社
東京都港区芝大門 1 丁目13番 9 号
(72)発明者 宇田川 隆
埼玉県秩父市大字下影森1505番地 昭和電
工株式会社総合研究所秩父研究室内
(74)代理人 100118740
弁理士 柿沼 伸司
Fターム(参考) 5F041 AA41 AA43 AA44 CA04 CA34
CA57 CA65 CA76 CB06
5F045 AA04 AB09 AC09 AD07 AD14
AE25 AF03 BB04 BB16 CA10
DA53 DA63

(54)【発明の名称】 p n 接合型リン化硼素系半導体発光素子およびその製造方法

(57)【要約】
【課題】リン化硼素系半導体発光素子において、発光層からの第ⅠⅤ族元素の外部拡散を抑制し、発光層内の第ⅠⅤ族元素の原子濃度を発光強度の観点から最適な濃度に維持する。
【解決手段】第1のリン化硼素系半導体層と第ⅠⅤ族元素を故意に添加したⅠⅠⅠ-Ⅴ族半導体層からなる発光層と第2のリン化硼素系半導体層とからなる p n 接合型ヘテロ（異種）接合構造を備えたリン化硼素系半導体発光素子に於いて、第1のリン化硼素系半導体層を、第ⅠⅤ族元素を含むアンドープの第1の伝導形のリン化硼素系半導体から構成し、第2のリン化硼素系半導体層を、第ⅠⅤ族元素を含む第2の伝導形のリン化硼素系半導体層から構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の伝導形の珪素（Si）単結晶からなる基板と、該基板上に設けられた第1の伝導形の第1のリン化硼素系半導体層と、第1のリン化硼素系半導体層上に設けられた、第1または第2の伝導形を有する、元素周期律表上の第ⅠⅤ族元素を故意に添加したⅠⅠⅠ-Ⅴ族半導体層からなる発光層と、発光層上に設けられた第2の伝導形の第2のリン化硼素系半導体層とを有し、第1のリン化硼素系半導体層と発光層と第2のリン化硼素系半導体層とからなるpn接合型ヘテロ（異種）接合構造を備えたpn接合型リン化硼素系半導体発光素子に於いて、第1のリン化硼素系半導体層を、第ⅠⅤ族元素を含むアンドープの第1の伝導形のリン化硼素系半導体から構成し、第2のリン化硼素系半導体層を第ⅠⅤ族元素を含む、第1の伝導形とは反対の第2の伝導形のリン化硼素系半導体層から構成したことを特徴とするpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項2】第1のリン化硼素系半導体層には、発光層に含まれるものと同一種の第ⅠⅤ族元素が含まれていることを特徴とする請求項1に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項3】第1のリン化硼素系半導体層に含まれる第ⅠⅤ族元素の原子濃度を、発光層の内部の第ⅠⅤ族元素の原子濃度に対して±30%以内としたことを特徴とする請求項1または2に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項4】第1のリン化硼素系半導体層及び発光層に含まれる第ⅠⅤ族元素を珪素（Si）としたことを特徴とする請求項1乃至3の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項5】第2のリン化硼素系半導体層を、アンドープの第2の伝導形のリン化硼素系半導体層から構成したことを特徴とする請求項1乃至4の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項6】第2のリン化硼素系半導体層を、第ⅠⅤ族元素を故意に添加した第2の伝導形のリン化硼素系半導体層から構成したことを特徴とする請求項1乃至4の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項7】第2のリン化硼素系半導体層には、発光層に添加したと同一種の第ⅠⅤ族元素が含まれていることを特徴とする請求項1乃至6の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項8】第2のリン化硼素系半導体層に含まれる第ⅠⅤ族元素の原子濃度を、発光層の内部の第ⅠⅤ族元素の原子濃度に対して±30%以内としたことを特徴とする請求項1乃至7の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項9】第2のリン化硼素系半導体層及び発光層に含まれる第ⅠⅤ族元素を珪素（Si）とした、ことを特

徴とする請求項1乃至8の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項10】第1のリン化硼素系半導体層に含まれる珪素の原子濃度を、硼素空孔を占有するリン原子の濃度、またはリン空孔を占有する硼素原子の濃度の何れの濃度以下としたことを特徴とする請求項4に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項11】第2のリン化硼素系半導体層に含まれる珪素の原子濃度を、硼素空孔を占有するリン原子の濃度、またはリン空孔を占有する硼素原子の濃度の何れの濃度以下としたことを特徴とする請求項9に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

【請求項12】MOCVD法により、p型のリン化硼素系半導体層を1000～1200℃の温度で、またn型のリン化硼素系半導体層を750～950℃の温度で形成することを特徴とする請求項1乃至11に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ヘテロ接合構造を備えたリン化硼素系半導体素子を構成するための技術に係り、特に高い発光強度を呈するリン化硼素系半導体発光素子を得るための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来において、ⅠⅠⅠ-Ⅴ族化合物半導体の一種として、リン化硼素（BP）が知られている（Nature、179、No. 4569（1957）、1075頁参照）。また、リン化硼素（BP）は間接遷移型の半導体であるため（寺本 巖著、「半導体デバイス概論」（1995年3月30日、（株）培風館発行初版）、28頁参照）、半導体発光素子の発光層を形成するには好適な材料とはならないとされている。このため、従来のリン化硼素系半導体層を備えてなるリン化硼素系半導体発光ダイオード（LED）では、リン化硼素等のリン化硼素系半導体層は、もっぱら、珪素単結晶（シリコン）からなる基板上に設けられる緩衝層を構成するに用いられている（米国特許6、069、021号参照）。また、レーザダイオード（LD）では、例えば、オーミック（Ohmic）電極を設けるためのコンタクト（contact）層として利用されている（特開平2-288388号公報参照）。

【0003】一方、半導体発光素子において、発光層は、間接遷移型に比較して放射再結合効率に優れる直接遷移型の半導体材料から構成するのが通常である。リン化硼素系半導体LEDでは、従来より発光層は、主に、窒化ガリウム・インジウム（Ga_xIn_{1-x}N：0≤X≤1）から構成されている（特公昭55-3834号公報参照）。特に、珪素（Si）、ゲルマニウム（Ge）等の元素周期律表に掲載される第ⅠⅤ族元素を故意に添加したGa_xIn_{1-x}N（0≤X≤1）から発光層を構成す

るのが通例となっている（特開平6-260680号公報参照）。第ⅠⅤ族元素のドーピング（doping）により、高い強度の発光をもたらす $GaxIn_{1-x}N$ （ $0 \leq x \leq 1$ ）発光層を提供できるとされるからである（日本国特許第2560963号公報参照）。半導体発光素子にあって、高強度の発光を得るために、発光部は、発光層と、発光層を挟持するp形またはn形の障壁（クラッド）層とから構成されるpn接合型の2重異種（double hetero:DH）構造とするのが通常である（特開平6-260283号公報参照）。

【0004】従来に於いて、p形のリン化硼素系半導体層は、元素周期律の第Ⅱ族に属するマグネシウム（Mg）や亜鉛（Zn）等を故意に添加して（ドーピングして）得るのが通常である（①特開平2-275682号、②特開平2-288371号公報、③特開平2-288388号公報、④特開平10-242514号公報、⑤特開平10-242515号公報、及び⑥特開平10-242567号公報参照）。また、n形のリン化硼素系半導体層は珪素（Si）等の第ⅠⅤ族元素のドーピングに依り得るのが通常となっている（例えば、上記の特開平2-288388号公報参照）。この様な従来技術例に鑑み、pn接合型DH構造の発光部をなすp形障壁層は、Mg或いはZn等をドーピングしたp形リン化硼素系半導体層から構成されるものとなっている。また、n形障壁層は珪素をドーピングしたn形リン化硼素系半導体層から構成されるものとなっている（特願2001-158282号参照）。

【0005】一方で、第ⅠⅤ族元素である珪素（Si）は、リン化硼素系半導体に対して、他のⅡⅢⅤ族化合物半導体に対する場合と同様に、両性不純物（amphoteric impurity）として働く指摘されている（庄野 克房著、「半導体技術（上）」（1992年6月25日、（財）東京大学出版会発行9刷）、77頁参照）。また、リン化硼素半導体層については、不純物を故意に添加しない、所謂、アンドープ（undope）の状態、リン化硼素層の気相成長温度を適宜、選択することによりn形またはp形の半導体層を得る技術も開示されている（上記の「半導体技術（上）」、76～77頁参照）。アンドープのリン化硼素半導体層の伝導形の決定には、硼素空孔とリン空孔との存在が関与しているとされる（庄野 克房著、「超LSI時代の半導体技術100集〔ⅡⅠ〕」（昭和57年4月1日、（株）オーム社発行、「電子雑誌エレクトロニクス」、第27巻第4号付録、86～87頁参照）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】にも拘わらず、従来技術では、伝導形を相違するリン化硼素系半導体層を、わざわざ、異なる種類の不純物（dopant）をドーピングして得ていた。リン化硼素系半導体層からなるpn接合構造を得るにあたっての問題点は、伝導形に依っ

て、わざわざドーパント種を変更してn形またはp形のリン化硼素系半導体層を得なければならない煩雑さにあった。また、この煩雑なドーピング操作を回避するため、縦しんば、アンドープのリン化硼素系半導体層を障壁層として利用して、例えば、pn接合型のDH構造の発光部を得ようと試みても、発光層にドーピングした第ⅠⅤ族元素がアンドープのリン化硼素系半導体障壁層へ拡散するのを十分に抑制するに至っていない。また、上記の如く高強度の発光をもたらすためにドーピングした第ⅠⅤ族元素、例えば、珪素がアンドープのリン化硼素半導体層へ拡散する程度が変動するため、発光層から出射される発光の強度は不安定となり、しいては、安定した発光強度を呈するリン化硼素系半導体発光素子を得るに至っていない。

【0007】例えば、第ⅠⅤ族元素を不純物としてドーピングしてなる半導体層を発光層とするpn接合型DH構造のリン化硼素系半導体発光素子にあって、簡便に形成できるアンドープのリン化硼素系半導体層への第ⅠⅤ族元素の拡散を抑制でき、従って、高発光強度をもたらすために好適な濃度に添加された発光層の内部の第ⅠⅤ族元素の濃度の減少を回避できる構成が提供されれば、安定して高い発光強度を呈するリン化硼素系半導体発光素子を得るに有効となる。本発明では、特に、高発光強度のリン化硼素系半導体発光素子をもたらすに効果を奏するヘテロ接合構造の発光部の構成を提示するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】即ち、本発明は、

（1）第1の伝導形の珪素（Si）単結晶からなる基板と、該基板上に設けられた第1の伝導形の第1のリン化硼素系半導体層と、第1のリン化硼素系半導体層上に設けられた、第1または第2の伝導形を有する、元素周期律表上の第ⅠⅤ族元素を故意に添加したⅡⅢⅤ族半導体層からなる発光層と、発光層上に設けられた第2の伝導形の第2のリン化硼素系半導体層とを有し、第1のリン化硼素系半導体層と発光層と第2のリン化硼素系半導体層とからなるpn接合型ヘテロ（異種）接合構造を備えたリン化硼素系半導体発光素子に於いて、第1のリン化硼素系半導体層を、第ⅠⅤ族元素を含むアンドープの第1の伝導形のリン化硼素系半導体から構成し、第2のリン化硼素系半導体層を第ⅠⅤ族元素を含む、第1の伝導形とは反対の第2の伝導形のリン化硼素系半導体層から構成したことを特徴とするpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

（2）第1のリン化硼素系半導体層には、発光層に含まれるものと同一種の第ⅠⅤ族元素が含まれていることを特徴とする上記（1）に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

（3）第1のリン化硼素系半導体層に含まれる第ⅠⅤ族元素の原子濃度を、発光層の内部の第ⅠⅤ族元素の原子

濃度に対して±30%以内としたことを特徴とする上記(1)または(2)に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

(4) 第1のリン化硼素系半導体層及び発光層に含まれる第ⅠⅤ族元素を珪素(Si)としたことを特徴とする上記(1)乃至(3)の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

(5) 第2のリン化硼素系半導体層を、アンドープの第2の伝導形のリン化硼素系半導体層から構成したことを特徴とする上記(1)乃至(4)の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

(6) 第2のリン化硼素系半導体層を、第ⅠⅤ族元素を故意に添加した第2の伝導形のリン化硼素系半導体層から構成したことを特徴とする上記(1)乃至(4)の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

(7) 第2のリン化硼素系半導体層には、発光層に添加したと同一種の第ⅠⅤ族元素が含まれていることを特徴とする上記(1)乃至(6)の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

(8) 第2のリン化硼素系半導体層に含まれる第ⅠⅤ族元素の原子濃度を、発光層の内部の第ⅠⅤ族元素の原子濃度に対して±30%以内としたことを特徴とする上記(1)乃至(7)の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

(9) 第2のリン化硼素系半導体層及び発光層に含まれる第ⅠⅤ族元素を珪素(Si)とした、ことを特徴とする上記(1)乃至(8)の何れか1項に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

(10) 第1のリン化硼素系半導体層に含まれる珪素の原子濃度を、硼素空孔を占有するリン原子の濃度、またはリン空孔を占有する硼素原子の濃度の何れの濃度以下としたことを特徴とする上記(4)に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。

(11) 第2のリン化硼素系半導体層に含まれる珪素の原子濃度を、硼素空孔を占有するリン原子の濃度、またはリン空孔を占有する硼素原子の濃度の何れの濃度以下とした、ことを特徴とする上記(9)に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子。である。また、本発明は、

(12) MOCVD法により、p型のリン化硼素系半導体層を1000~1200℃の温度で、またn型のリン化硼素系半導体層を750~950℃の温度で形成することを特徴とする上記(1)乃至(11)に記載のpn接合型リン化硼素系半導体発光素子の製造方法。である。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施形態に於いて、基板には、{100}、{110}、或いは{111}結晶面を表面とする{100}-、{110}-、

{111}-珪素(Si)単結晶を利用できる。また例えば、{111}結晶面より角度にして数度、傾斜した結晶面を表面とする珪素単結晶も基板として利用できる。特に、ダイヤモンド(diamond)結晶構造型の珪素単結晶の{111}結晶面には、{100}結晶面等と比較して、珪素原子がより高い密度で存在している。このため、{111}-Si単結晶は、上層のリン化硼素系半導体層を構成する硼素(B)原子及びリン(P)原子がSi単結晶基板の内部へ侵入または拡散するのを防止するに有効な基板となる。珪素単結晶の伝導形は、n形またはp形の何れでも構わない。基板をなす珪素単結晶の伝導形を、本発明では第1の伝導形と仮称する。導電性の珪素単結晶を基板とすれば、基板の裏面に正負、何れかの極性のオーミック(Ohmic)性電極を裏面電極として敷設でき、簡便に発光素子を構成するに寄与できる。特に、抵抗率を1ミリオーム(mΩ)以下、より望ましくは0.1mΩ以下とする低い比抵抗(抵抗率)の導電性単結晶基板は、順方向電圧(所謂、Vf)の低いLEDをもたらすに貢献する。また、放熱性に優れるため、安定した発振をもたらすLDを構成するに有効となる。

【0010】珪素単結晶基板表面上に積層する第1のリン化硼素系化合物半導体層は、硼素(B)とリン(P)とを構成元素として含む例えば、 $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}As_{\delta}$ ($0 < \alpha \leq 1$ 、 $0 \leq \beta < 1$ 、 $0 \leq \gamma < 1$ 、 $0 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$ 、 $0 \leq \delta < 1$)から構成する。また、例えば、 $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}N_{\delta}$ ($0 < \alpha \leq 1$ 、 $0 \leq \beta < 1$ 、 $0 \leq \gamma < 1$ 、 $0 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$ 、 $0 \leq \delta < 1$)から構成できる。第1のリン化硼素系半導体層とは、後述の第2のリン化硼素系半導体層よりも位置的に珪素単結晶基板の表面により近接して設ける半導体層である。また、その第1のリン化硼素系半導体層の伝導形は、基板をなす珪素単結晶の伝導形に一致する第1の伝導形とする。例えば、p形の{111}-Si単結晶基板上には、高抵抗のp形リン化硼素系半導体層を設ける場合を例示できる。

【0011】第1のリン化硼素系化合物半導体層は特に、硼素(B)の組成(=α)及びリン(P)の組成(=1-δ)を何れも0.5(=50%)以上とする硼素及びリンを主体として含む例えば、 $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}As_{\delta}$ ($0.5 \leq \alpha \leq 1$ 、 $0 \leq \beta < 0.5$ 、 $0 \leq \gamma < 0.5$ 、 $0.5 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$ 、 $0 \leq \delta < 0.5$)、または $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}N_{\delta}$ ($0.5 \leq \alpha \leq 1$ 、 $0 \leq \beta < 0.5$ 、 $0 \leq \gamma < 0.5$ 、 $0.5 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$ 、 $0 \leq \delta < 0.5$)から好適に構成できる。硼素(B)及びリン(P)の組成を各々、0.5以上とする硼素とリンとを主体的に含むリン化硼素系半導体混晶からは、伝導形を制御する不純物を故意に添加(=ドーピング)せずとも第1或いは第2の伝導形の導電性のリン化硼素系半導体

層がもたらされる利点がある。即ち、アンドープで第1の伝導形のリン化硼素系半導体層を形成できるため、第1の伝導形のリン化硼素系半導体層を形成するに伝導形に依って添加する不純物種を変化させる煩雑性を回避できる。

【0012】基板の珪素単結晶と同一の第1の伝導形を有する第1のリン化硼素系半導体層を、第Ⅴ族元素を含むアンドープ層から構成すると、不純物をドーピングする煩雑な操作から解放されると共に、放射される発光の強度を増加させるために発光層内にドーピングした第Ⅴ族元素の第1のリン化硼素系半導体層内への侵入、拡散を抑制するに効果が奏される。第1のリン化硼素系半導体層に含まれる第Ⅴ族元素は必ずしも1種類に限定する必要はない。第1の伝導形の第1のリン化硼素系半導体層に含有させる第Ⅴ族元素には、炭素(C)、珪素(Si)、ゲルマニウム(Ge)、錫(Sn)等を例示できる。これらの第Ⅴ族元素にあって、炭素(C)や珪素(Si)は、リン化硼素系半導体層等のⅢ-Ⅴ族化合物半導体内で顕著に拡散しないため、特に好適である。また特に、第1のリン化硼素系半導体層に含まれる第Ⅴ族元素を、発光層にドーピングした第Ⅴ族元素と同一とすれば、発光層の第Ⅴ族元素の第1のリン化硼素系半導体層への侵入、拡散を抑制するに効果を上げられる。本発明の第2の実施形態の例として、珪素ドーパ発光層について、珪素を含ませた第1のリン化硼素系半導体層を設ける場合がある。また、炭素を含む第1のリン化硼素系半導体層上に炭素ドーパ発光層を設ける例を挙げられる。

【0013】炭素(C)や珪素(Si)を含む第1の伝導形の第1のリン化硼素系半導体層は、これらの第Ⅴ族元素を故意に添加せずとも形成できる利点がある。例えば、珪素を含む第1のリン化硼素系半導体層は、珪素単結晶を基板とすることで簡便に得られる。750℃~1200℃の温度、特に、850℃以上で1200℃以下の温度に珪素単結晶基板を保持すると、珪素単結晶から遊離した珪素が好都合に第1のリン化硼素系半導体層の内部に混入することとなり、珪素を含む第1のリン化硼素系半導体層を形成できる。また、第1のリン化硼素系半導体層を成膜するにあたり、炭素(C)を含む官能基(function group)、特に側鎖状或いは直鎖状の飽和または不飽和脂肪族官能基を付加した有機硼素化合物を硼素(B)源とすれば、炭素を含有する第1のリン化硼素系半導体層を簡易に形成できる。即ち、例えばメタン(CH₄)、トリメチル砒素((CH₃)₃As)、四塩化炭素(CCl₄)や四臭化炭素(CBr₄)等の炭素含有化合物を炭素のドーパントとして改めて用いなくとも、例えば、トリメチル硼素((CH₃)₃B)やトリエチル硼素((C₂H₅)₃B)等のアルキル(alkyl)硼素化合物の熱分解に因り発生する炭素を利用すれば、炭素を含む第1のリン化硼

素系半導体層を簡便にして形成できる。換言すれば、これらのアルキル硼素化合物を硼素源とする有機金属化学的堆積法(MOCVD法)等の気相成長手段により簡便に形成できる。

【0014】第1の伝導形の第1のリン化硼素系半導体層に含まれる珪素(Si)或いは炭素(C)等の第Ⅴ族元素の原子濃度は、発光層に含まれる第Ⅴ族元素の原子濃度の約0.5倍以上で約2倍以下とするのが好ましい。第1のリン化硼素系半導体層内の第Ⅴ族元素の原子濃度が、発光層のその約2倍を越える高濃度となると、第1のリン化硼素系半導体層から発光層への第Ⅴ族元素の拡散が生じ、発光層内の第Ⅴ族元素の原子濃度が徒に高濃度となる不都合を来す。逆に、発光層内の第Ⅴ族元素の原子濃度の約0.5倍未満の低濃度に第Ⅴ族元素を含む第1のリン化硼素系半導体層では、発光層より第1のリン化硼素系半導体層の内部へ向けての第Ⅴ族元素の拡散が顕著に発生する、このため、発光層内部の第Ⅴ族元素の原子濃度が減少し、高強度の発光をもたらすに不都合を生ずる。第1のリン化硼素系半導体層内の第Ⅴ族元素の合計の原子濃度として更に好適なのは、発光層内の第Ⅴ族元素の原子濃度と略同等である場合、即ち、発光層内の第Ⅴ族元素の原子濃度に対して±30%の範囲内にある原子濃度である。発光層とリン化硼素系半導体層との第Ⅴ族元素の原子濃度の差異が小であるほど、その原子濃度の差に起因して発生する第Ⅴ族元素の相互拡散はより抑制され得る。最も好適なのは、第1のリン化硼素系半導体層の第Ⅴ族元素の原子濃度が、発光層のそれと同濃度である場合である。第1のリン化硼素系半導体層の内部の第Ⅴ族元素の原子濃度は、発光層の場合と同様に、例えば、2次イオン質量分析(SIMS)、オーグエ(Auger)電子分光分析法等の分析手段を利用して定量できる。

【0015】本発明の第3の実施形態の手段として、例えば、第Ⅴ族元素として珪素(Si)を含む第1のリン化硼素系半導体層にあって、成膜温度を調整して、層内の珪素原子濃度を発光層のそれを基準にして±30%以内とする例を上げられる。成膜温度、即ち、珪素単結晶基板の保持温度を高温とする程、また、高温に於ける保持時間を長くする程、層内の珪素原子濃度を高濃度とすることができる。例えば、成膜温度の1050℃に保持されたp形{111}-Si単結晶基板には、珪素原子濃度を約 4×10^{17} 原子/cm³とするアンドープのp形リン化硼素(BP)層を形成することができる。成膜温度を1200℃を越える高温とすると、菱面体結晶構造のB₁₂P₂或いはB₁₂P₂等の多量体のリン化硼素結晶が形成され易くなる。立方晶閃亜鉛鉱結晶型の第1のリン化硼素系半導体層内にリン化硼素多量体が発生すると、結晶型の相違に層内に因り発生した歪或いは結晶欠陥を介して珪素単結晶基板よりの珪素の層内への侵

入が顕著に生ずる。このため、第1のリン化硼素系半導体層内の珪素の原子濃度は時として、 5×10^{19} 原子/ cm^3 を越え、徒に高濃度となり、第1のリン化硼素系半導体層の結晶性は乱雑となる不都合を招く。

【0016】また、珪素単結晶基板上で第1のリン化硼素系半導体層との間に非晶質或いは多結晶の緩衝層を設けた場合、このような結晶形態からなる緩衝層は、珪素単結晶基板と第1のリン化硼素系半導体層との格子ミスマッチを緩和すると共に、基板から拡散して来る珪素原子を捕獲する作用を有する。従って、第1のリン化硼素系半導体層内に於ける拡散して来た珪素原子の濃度は、珪素単結晶基板表面に直接、第1のリン化硼素系半導体層を接合させる場合に比べて、低く抑制され得る。緩衝層に捕獲される珪素原子は、緩衝層の層厚が厚い程、多量となる。即ち、第1のリン化硼素系半導体層の珪素原子濃度は、緩衝層の層厚を調節しても制御できる。珪素を含む第1のリン化硼素系半導体層にあって、層内の珪素の原子濃度は、硼素の空孔 (vacancy) を占めるリン (P) 原子、或いはリンの空孔を占有する硼素 (B) 原子の濃度未満とするのが好適である。この濃度の関係を維持することにより、縦しんば、珪素が両性不純物として働くと言えども、アンドープ状態で、n形またはp形の双方の伝導形の半導体層を簡便に得ることが出来るリン化硼素系半導体の優位性を維持できる。

【0017】第IV族元素として炭素 (C) を含む第1のリン化硼素系半導体層にあって、層内の炭素原子濃度は、成膜温度の調整に依り制御できる。成膜温度、即ち、珪素単結晶基板の保持温度を高温とする程、層内の炭素原子濃度を高濃度とすることができる。しかし、成膜温度を 1200°C を越える高温では、菱面体結晶構造の B_6P 或いは B_{12}P_2 等の多量体のリン化硼素結晶が形成され易くなり、組成的に均質なリン化硼素系半導体層を得るに不都合となる。また、第1のリン化硼素系半導体層内の炭素濃度は、硼素 (B) 源たる上記の有機硼素化合物の成膜環境内への供給する濃度を増加させる程、高濃度とすることができる。しかしながら、炭素を含む第1のリン化硼素系半導体層にあって、層内の炭素の原子濃度は、硼素の空孔 (vacancy) を占めるリン (P) 原子、或いはリンの空孔を占有する硼素 (B) 原子の濃度未満とするのが好適である。この濃度の関係を維持することにより、縦しんば、炭素が両性不純物として働くと言えども、アンドープ状態で帰結される第1の伝導形を維持できる。リン空孔を占有する硼素原子の濃度、或いは硼素空孔を占めるリン原子の濃度は各々、硼素-硼素 (B-B) 結合の濃度、或いはリン-リン (P-P) 結合の濃度としてラマン (Raman) 分光法、核磁気共鳴 (NMR) 法等の手段に依り計測できる。

【0018】本発明の第1の実施形態に係わるIII-V族化合物半導体からなる発光層は、例えば、窒化ガリウム・インジウム ($\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$; $0 \leq x \leq 1$) や窒

化リン化ガリウム (Ga_{1-y}Py ; $0 \leq y \leq 1$) 等のIII族窒化物半導体層から構成できる。特に、例えば、第IV族元素を故意に添加 (doping) したIII族窒化物半導体層は発光層として好適に利用できる。発光層にドーピングする不純物には、珪素 (Si)、炭素 (C) 等を例示できる。特に珪素は、他の第IV族元素であるゲルマニウム (Ge) や錫 (Sn) に比較して発光層の外部へ拡散し難い上に、炭素 (C) の場合に比較してドーピングを容易に行えるため、好適に利用できる。発光層の内部の第IV族元素の好適な濃度は概ね、 1×10^{17} 原子/ $\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{19}$ 原子/ cm^3 である。特に、好適な約 5×10^{18} 原子/ $\text{cm}^3 \sim$ 約 7×10^{18} 原子/ cm^3 である。 1×10^{19} 原子/ cm^3 を越える様に第IV族元素をドーピングした発光層では、結晶性が悪化し、高強度の発光をもたらす発光層を得るに至らない。発光層の伝導形は第1または第2の伝導形とする。第2の伝導形の発光層の場合、第1の伝導形の第1のリン化硼素系半導体層との接合により、単一ヘテロ (single hetero: SH) 接合型pn接合構造が構成できる。また、第1の伝導形の発光層に、後述する第2の伝導形の第2のリン化硼素系半導体層を接合させて設ける構成とすれば、発光層と第2のリン化硼素系半導体層とのpn接合構造を含むダブルヘテロ (double hetero: 英略称DH) 構造の発光部を構築できる。本発明の第4の実施形態の一例として、第1のリン化硼素系半導体層を珪素を含むアンドープのリン化硼素・ガリウム ($\text{B}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$; $0.5 \leq x \leq 1$) 層とし、珪素をドーピングして、珪素の原子濃度を 2×10^{17} 原子/ cm^3 とした窒化リン化ガリウム (Ga_{1-y}Py ; $0 \leq y \leq 1$) から発光層を構成する場合を上げられる。

【0019】発光層は、単一量子井戸構造 (SQW) または多重量子井戸構造 (MQW) から構成できる。キャリア (carrier) のトンネル (tunnel) 効果を利用する量子井戸構造にあっては、井戸 (well) 層よりは厚い障壁 (barrier) 層も薄膜から構成する必要がある。連続性のある薄膜から構成される量子井戸構造の発光層は、成膜以前に予め、硼素 (B) とリン (P) とを含む被膜を内壁に被着させておいた成長炉を使用して、珪素単結晶基板上に成膜したリン化硼素系半導体層を下地として得られる。上記の被膜は、反応炉内壁或いは内壁に付着した分解生成物を起源とする珪素単結晶基板の表面を汚染する物質の放出を抑制して、表面の平坦性及び連続性に優れるリン化硼素系半導体層を得るに有効に作用し、しいては、表面の平坦性と連続性に優れる発光層を形成するに好都合となる。

【0020】波長を λ とする光を出射する発光層を、波長を λ とする光に対し、30%以上の反射率を有する層厚の第1のリン化硼素系半導体層上に設ける積層構成とすると、第1のリン化硼素系半導体層に依り、発光層が

10

20

30

40

50

らの一部の発光が反射されるため、例えば、素子外部への発光の取り出し効率に優れるLEDを構成するに優位となる。例えば、波長を420nmとする青紫光を発する発光層を、層厚を約300nmとする第1のリン化硼素半導体層上に設ける積層構成を例示できる。第1のリン化硼素半導体層を単量体のリン化硼素(BP)から構成する場合、例えば、波長 λ (単位nm: $420 \leq \lambda \leq 490$)の発光と、それに対し30%以上の反射率を与えられる第1のリン化硼素系半導体層の層厚(単位: nm)との間には、次記の関係式(1)の関係がある。

$\lambda \approx 0.135 \cdot d + 380$ ……関係式(1)

【0021】本発明の第5の実施形態に於いては、上記の発光層上に設ける第2の伝導形の第2のリン化硼素系半導体層を、アンドープのリン化硼素系半導体層から構成する。第2のリン化硼素系半導体層は、第1のリン化硼素系半導体層の場合と同じく、例えば、 $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}As_{\delta}$ ($0 < \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta < 1$, $0 \leq \gamma < 1$, $0 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$, $0 \leq \delta < 1$)から構成する。また、例えば、 $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}N_{\delta}$ ($0 < \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta < 1$, $0 \leq \gamma < 1$, $0 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$, $0 \leq \delta < 1$)から構成できる。第2のリン化硼素系半導体層とは、発光層を挟んで、前述の第1のリン化硼素系半導体層に対向して設ける半導体層である。また、第1のリン化硼素系半導体層と発光層を挟持してpn接合型DH構造の発光部を構成するための導電性の半導体層である。第2のリン化硼素系半導体層の伝導形は、基板をなす珪素単結晶及び第1のリン化硼素系半導体層とは逆とする。例えば、p形の{111}-Si単結晶及びp形の第1のリン化硼素系半導体層に対し、第2のリン化硼素系半導体層はn形層とする。

【0022】特に、硼素(B)の組成($=\alpha$)及びリン(P)の組成($=1-\delta$)を何れも0.5($=50\%$)以上とする硼素及びリンを主体として含む例えば、 $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}As_{\delta}$ ($0.5 \leq \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta < 0.5$, $0 \leq \gamma < 0.5$, $0.5 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$, $0 \leq \delta < 0.5$)、または $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}N_{\delta}$ ($0.5 \leq \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta < 0.5$, $0 \leq \gamma < 0.5$, $0.5 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$, $0 \leq \delta < 0.5$)から好適に構成できる。リン化硼素(B)とリン(P)とを主体的に含むリン化硼素系半導体混晶からは、伝導形を制御する不純物を故意に添加(=ドーピング)せずとも第2の伝導形の導電性のリン化硼素系半導体層がもたらされる利点がある。即ち、アンドープで第2の伝導形のリン化硼素系半導体層を簡便に得られる利点がある。

【0023】不純物種の変更を伴うドーピング操作を回避できると共に、第1及び第2のリン化硼素系半導体層をアンドープ層から構成することには、硼素(B)またはリン(P)の空孔に参与するドナー(donor)ま

たはアクセプタ(acceptor)成分の相対的な濃度比率を変更することにより、容易に高いキャリア濃度で低抵抗の導電層が得られる利点がある。例えば、アンドープであっても、キャリア濃度にして約 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ を越える低抵抗のn形リン化硼素系半導体層を得ることができる。また、アンドープであれば、約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を越えるキャリア濃度の低抵抗のp形リン化硼素系半導体層を簡便に構成できる。例えば、硫黄(S)或いはセレン(Se)等の第VI族元素のn形不純物を多量にドーピングしたところで、上記のアンドープの場合の如くの高い電子濃度を安定して発現するのは難しく、却って、多量の不純物の添加により、表面は乱雑で且つ連続性に欠ける半導体層がもたらされるのみである。また、第II族元素の亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)等の硼素(B)と化合物を形成し難いp形不純物性を多量にドーピングしたところで、上記の高い正孔濃度の低抵抗のリン化硼素系半導体層を安定して得るに至らない上に、乱雑な表面の不連続な半導体層が帰結されるのみである。即ち、n形またはp形の何れの伝導形のリン化硼素系半導体層を得る場合でも、不純物を故意に添加しないアンドープ手段に依るのが得策である。

【0024】アンドープのリン化硼素系半導体層の伝導形は、成膜温度を調節して制御できる。n形のアンドープリン化硼素系半導体層を得るに適する成膜温度は、大凡、750℃～950℃である。一方、アンドープのp形リン化硼素系半導体層を得るに適するのは、約1000℃～約1200℃である。特に、約1025℃～約1100℃の範囲が好適である。約1000℃を越える高温で成膜したリン化硼素系半導体層、特に、{111}-結晶面を双晶境界面とする双晶(twinning)を含む単量体のリン化硼素(boron monophosphide)層は、第1または第2のリン化硼素系半導体層として好適に利用できる。層の内部に含まれる双晶は、例えば発光層との格子のミスミット(misfit)等を緩和して結晶性に優れるリン化硼素系半導体層をもたすに貢献できる。また、成膜反応系へ供給する硼素(B)等の第III族の構成元素の合計の濃度に対する、リン(P)等の第V族構成元素の合計の濃度の比率、所謂、V/III比率も伝導形の制御に影響を与える。成膜温度を同一とした場合、V/III比率を高比率とする程、アンドープのn形リン化硼素系半導体層が得られ易くなる。

【0025】本発明の第6の実施形態に於いては、第2のリン化硼素系半導体層を、第IV族元素を故意に添加した第2の伝導形のリン化硼素系半導体層から構成する。第2のリン化硼素系半導体層は、第1のリン化硼素系半導体層よりも珪素単結晶基板に対し、より遠隔な位置に配置されている。このため、第1のリン化硼素系半導体層の場合と比較して、基板の珪素単結晶を起源として拡散して来る珪素原子の濃度は減少する状況にある。

このため、第1のリン化硼素系半導体層の場合とは異なり、第2のリン化硼素系半導体層への第ⅠⅤ族元素の添加は、上記の好適な第ⅠⅤ族元素の原子濃度を得るに好都合な手段となる。添加する第ⅠⅤ族元素には、炭素(C)、珪素(Si)、ゲルマニウム(Ge)、錫(Sn)を例示できる。炭素の添加源には、例えばメタン(CH_4)、トリメチルリン($(\text{CH}_3)_3\text{P}$)や四臭化炭素(CBr_4)等の炭素含有化合物を例示できる。珪素のドーピング源には、シラン(SiH_4)やジシラン(Si_2H_6)等の珪素含有気体を例示できる。

【0026】n形またはp形不純物を添加しなくとも、アンドープ状態で既に、上記の如くの高キャリア濃度の導電層が得られているため、此处では、第ⅠⅤ族元素を第2のリン化硼素系半導体層の伝導形を制御する目的で添加するのでは無い。あくまでも、発光層に添加した第ⅠⅤ族元素の第2のリン化硼素系半導体層の内部への拡散を抑制して、発光層内の第ⅠⅤ族元素の原子濃度を高強度の発光をもたらすための濃度に維持するためである。第ⅠⅤ族元素は、第2のリン化硼素系半導体層の伝導形を支配する、硼素空孔を占めるリン原子、或いはリン空孔を占有する硼素原子の濃度以下とする。空孔が関与したドナー或いはアクセプタ成分の濃度を越えて多量に第ⅠⅤ族元素を添加しても、表面の平坦性が損なわれた第2のリン化硼素系半導体層が帰結されるのみである。

【0027】本発明の第7の実施形態では、第2のリン化硼素系半導体層に含まれる第ⅠⅤ族元素と発光層に添加する第ⅠⅤ族不純物とを同一とする。発光層と第2のリン化硼素系半導体層とに存在させる第ⅠⅤ族元素を同一とすることにより、両層間に於ける第ⅠⅤ族元素の相互拡散を抑制できる。ましてや、両層に於ける第ⅠⅤ族元素の原子濃度を略同等とすれば、第ⅠⅤ族元素の発光層から第2のリン化硼素系半導体層への拡散、逆に、第2のリン化硼素系半導体層から発光層への拡散の双方を抑制することにより効果を上げられる。発光層及び第2のリン化硼素系半導体層共々、層内の第ⅠⅤ族元素の原子濃度は、第ⅠⅤ族元素のドーピング量をもって調節できる。第ⅠⅤ族元素の原子濃度の合わせるべき基準は、あくまでも、高強度の発光を得るべく選択された、発光層の第ⅠⅤ族元素の原子濃度である。第1若しくは第2のリン化硼素系半導体層の第ⅠⅤ族元素の原子濃度が発光層の最適な原子濃度に一致しない場合は、第1及び第2のリン化硼素系半導体層内の第ⅠⅤ族元素の原子濃度を発光層の最適な濃度を基準として $\pm 30\%$ 以内に差異内に調整するのが望ましい。更には、第1及び第2のリン化硼素系半導体層の第ⅠⅤ族元素の原子濃度を、発光層のそれに合致させるのが、第ⅠⅤ族元素の相互拡散を抑制して、高強度の発光を与える発光層を得るに最も好都合となる。

【0028】また、発光層と第2のリン化硼素系半導体

層との間の第ⅠⅤ族元素の原子濃度の差異が大である程、発光層と第2のリン化硼素系半導体層との間の第ⅠⅤ族元素の拡散は顕著となる。従って、第2のリン化硼素系半導体層の第ⅠⅤ族元素の原子濃度は、発光層の第ⅠⅤ族元素の原子濃度と同一であるのが最適である。少なくとも、発光層の第ⅠⅤ族元素の濃度に対して $\pm 30\%$ の範囲にある原子濃度であるのが望ましい。本発明の第8の実施形態の好例として、珪素原子濃度を 3×10^{18} 原子/ cm^3 とするn形発光層につき、珪素原子濃度を 3×10^{18} 原子/ cm^3 に調節したn形のリン化硼素層からなる第2のリン化硼素系半導体層を接合させる例がある。第2のリン化硼素系半導体層の内部、特に、層厚方向での第ⅠⅤ族元素の原子濃度の分布を均一とする程、発光層から第2のリン化硼素系半導体層への第ⅠⅤ族元素の拡散を抑制するに効果を上げられる。また、発光層を挟持する伝導形を相違する第1及び第2のリン化硼素系半導体層を、同一の材料で、しかも同一の層厚の半導体層から構成することにより、発光層の上下方向から発光層へ印加される歪の量を均等とすれば、発光層から第1及び第2のリン化硼素系半導体層への第ⅠⅤ族元素の拡散を抑制することにより効果が奏される。

【0029】本発明の第9の実施形態では、第2のリン化硼素系半導体層並びに発光層に存在させる第ⅠⅤ族元素を珪素(Si)とする。珪素は第ⅠⅤ族元素の中でも難拡散性の元素であり、例えば、第2のリン化硼素系半導体層から発光層への拡散を抑制するに好都合となる。更に、発光層の珪素の原子濃度を基準として $\pm 30\%$ 以内に差異を小とする珪素原子濃度の第2のリン化硼素系半導体層は、発光層への珪素原子の拡散を抑止し、発光層内の珪素原子濃度を最適に維持するに更に有効となる。例えば、一構成例として、珪素原子濃度を約 4×10^{18} 原子/ cm^3 とするn形 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) 発光層と、珪素原子濃度を約 5×10^{18} 原子/ cm^3 とする第1及び第2のリン化硼素(BP)層とのヘテロ接合構造がある。

【0030】仮に、第1の伝導形をp形とした場合、第1のリン化硼素系半導体層は例えば、アンドープでp形のリン化硼素(BP)層から構成できる。アンドープのp形リン化硼素(BP)には、アクセプタ成分として働く、リン空孔を占有する硼素原子が多量に存在している。従って、第1のリン化硼素系半導体層をなすアンドープのp形リン化硼素(BP)層に、上記の如く $10^{18} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 未満の原子濃度で珪素原子を含有させたところで、アンドープp形リン化硼素(BP)層の正孔(hole)濃度をさして減少させるに至らず、従って、伝導形は変化しない。一方、第1の伝導形をn形とし、第1のリン化硼素系半導体層を例えば、アンドープのn形リン化硼素(BP)から構成する場合であっても、アンドープのn形BP層には、例えば $10^{18} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 未満の濃度の珪素原子を約2桁程度上

回る高濃度で、ドナー成分の硼素空孔を占有するリン原子が存在している。従って、縦しんば、両性不純物である珪素がアクセプタとして作用したところで、空孔が関与した多量のドナーを十分に電氣的に補償 (compensate) でせず、第1のリン化硼素系半導体層の伝導形はn形に維持される。故に、本発明の第10の実施形態では、第ⅠV族元素の原子濃度を上記の空孔の関与するドナー或いはアクセプタ成分の濃度以下として第1及び第2のリン化硼素系半導体層を構成する。これらの空孔の関与するドナーまたはアクセプタを電氣的に補償するために第ⅠV族元素を多量にドーピングしたところ

10 で、固溶度を越えた多量のドーピングを施すこととなり、ドーパントを含む析出物の出現等に起因して、粗雑で平坦性に欠けるリン化硼素系半導体層がもたらされるのみである。発光層に対する例えば、障壁 (clad) 層を構成するための低抵抗のリン化硼素系半導体層は、本発明の記す如く、アンドープのリン化硼素系半導体層によって、最も好適に且つ簡便に構成できるものである。

【0031】

【作用】伝導形を相違する第1及び第2のリン化硼素系半導体層に含有される第ⅠV族元素は、発光層に故意に添加 (ドーピング) された第ⅠV族元素の第1及び第2のリン化硼素系半導体層への拡散を抑制する作用を有し、発光層の内部の第ⅠV族元素の原子濃度を、高強度の発光をもたすに最適な濃度に維持する作用を有する。

【0032】第1及び第2のリン化硼素系半導体層に含有される第ⅠV族元素としての珪素は、アンドープ状態に於ける第1及び第2のリン化硼素系半導体層の伝導形を変化させることなく、両層より発光層への原子拡散、或いはその逆方向の拡散を抑制するに有効な第ⅠV族元素種として作用する。

【0033】

【実施例】(第1実施例)本文中に記載の第1の伝導形をn形とし、第2の伝導形をp形として、n形の第1のリン化硼素系半導体層とp形の第2のリン化硼素系半導体層とを利用してリン化硼素系半導体LEDを構成する場合を例にして、本発明を具体的に説明する。

【0034】第1実施例に係わるLED1Bの平面模式図を図1に示す。また、図1に示す破線X-X'に沿ったLED1Bの断面模式図を図2に示す。

【0035】LED1B用途の積層構造体1Aは、(111)結晶面を表面とするアンチモン (Sb) ドープのn形Si単結晶を基板101として形成した。基板101上には、トリエチル硼素 ((C₂H₅)₃B) / ホスフィン (PH₃) / 水素 (H₂) 系常圧MOCVD法により、350℃で、as-grown状態で非晶質を主体とするリン化硼素からなる緩衝層102を堆積した。緩衝層102の層厚は5nmとした。

【0036】緩衝層102の成膜を終了した後、基板101の温度を1050℃に上昇させた。昇温後、上記のMOCVD気相成長手段を利用して、緩衝層102の表面上に、アンドープのn形リン化硼素 (BP) 層からなる層厚を約330nmとする第1のリン化硼素系半導体層103を積層した。第1の伝導形 (本第1実施例では、n形) の第1のリン化硼素系半導体層103の成膜を終了した後、1050℃に於いて、ホスフィン (PH₃) と水素 (H₂) とを混合した雰囲気内で同層を10分間に亘り保持して、珪素単結晶基板101から拡散して来る珪素原子の第1のリン化硼素系半導体層103の内部への取り込みを促した。一般的な2次イオン質量分析法 (SIMS) に依り、第1のリン化硼素系半導体層103の内部の珪素原子濃度は約 $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ と定量された。第1のリン化硼素系半導体層103のキャリア濃度は約 $8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。また、第1のリン化硼素系半導体層103をなす単量体のBP層の室温での禁止帯幅は、屈折率 (η) と消費係数 (κ) との積値 ($= 2 \cdot \eta \cdot \kappa$) の光子エネルギー依存性から、約3.0eVと求められた。

【0037】第1のリン化硼素系半導体層103上には、トリメチルガリウム ((CH₃)₃Ga) / トリメチルインジウム ((CH₃)₃In) / アンモニア (NH₃) / H₂ 系常圧MOCVD法により、850℃に於いて、n形の窒化ガリウム・インジウム (Ga_{0.94}In_{0.06}N) からなる発光層104を積層した。発光層104の成膜時には、ジシラン (Si₂H₆) - 水素 (H₂) 混合ガスを使用して、珪素 (Si) をドーピングした。発光層104への珪素のドーピング量は、同層104内の珪素原子濃度が約 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となる様に設定した。発光層104の層厚は50nmとした。

【0038】発光層104の表面上には、第2の伝導形であるp形のリン化硼素 (BP) からなる第2のリン化硼素系半導体層105を積層した。第2の伝導形 (本第1実施例では、p形) の第2のリン化硼素系半導体層105は、第2のリン化硼素系半導体層の場合と同じ (C₂H₅)₃B / PH₃ / H₂ 系常圧MOCVD法により、850℃で成膜した。第2のリン化硼素系半導体層105の成膜時には、同層105内に残留 (residual) している珪素の原子濃度が約 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であるのに鑑み、合計の珪素原子濃度が約 $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となる様に、ジシラン - 水素混合ガスを利用して珪素をドーピングした。第2のリン化硼素系半導体層105のキャリア濃度は約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ とした。層厚は、第1のリン化硼素系半導体層103と同じく約330nmとした。第2のリン化硼素系半導体層105も、第1のリン化硼素系半導体層103と同様に、室温での禁止帯幅を約3.0eVとする単量体のリン化硼素 (BP) より構成した。

【0039】伝導形を相違する第1及び第2のリン化硼

素系半導体層103、105と、発光層104とからp-n接合型ダブルヘテロ接合(DH)構造型の発光部を構成した。図3に一般的なSIMS分析に依る発光部を構成する各構成層103~105の深さ方向の珪素原子濃度の定量結果を示す。発光層104の珪素原子濃度を基準として、第1及び第2のリン化硼素系半導体層103、105の珪素原子濃度は約0.8倍となった。即ち、発光層104の珪素原子濃度に比較して、約20%、低濃度となった。また、図3に示す如く、各構成層103~105の深さ方向(膜厚方向)で珪素原子は略

10 様に分布しているのが認められた。内部発光層104と第1及び第2のリン化硼素系半導体層103、105とで珪素原子濃度に均衡が保たれていたこと、並びに、発光層104を挟持する第1及び第2のリン化硼素系半導体層103、105を同一物質で、しかも同一の層厚の半導体材料(=BP)から構成したために、発光層104から第1または第2のリン化硼素系半導体層103、105への珪素原子の拡散、またはその逆方向への拡散は抑制されたと判断された。

【0040】p形の第2のリン化硼素系半導体層105の表面の中央部には、同層105に接触する側に金・亜鉛(Au・Zn)合金からなるオーミック(Ohmic)電極を配置したAu・Zn/ニッケル(Ni)/金(Au)の3層重層構造からなる表面電極106を設けた。結線用の台座(pad)電極を兼ねる表面電極106は、直径を約120 μ mとする円形の電極とした。また、n形Si単結晶基板101の裏面の略全面には、裏面電極107としてアルミニウム・アンチモン(Al・Sb)合金からなるオーミック電極を配置してLED1Bを構成した。Al・Sb蒸着膜の膜厚は約2 μ mとした。表面及び裏面電極106、107を形成した後、基板101をなすSi単結晶を[211]方向に平行及び垂直な方向に裁断して、一辺を約350 μ mとする正方形のLED1Bとした。

【0041】表面電極106と裏面電極107との間に順方向に20ミリアンペア(mA)の動作電流を流通した際には、LED1Bから波長を約430nmとする青紫帯光が発せられた。一般的な積分球を利用して測定されるチップ(chip)状態での輝度は9ミリカンデラ(mcd)となり、高発光強度のLED1Bが提供された。また、順方向電圧(V_f、但し順方向電流=20mA)は約3Vであり、逆方向電圧(V_r、但し逆方向電流=10 μ A)は5V以上となった。この良好な整流特性から、発光層104と第1及び第2のリン化硼素系半導体層103、105との間での珪素原子の拡散に因るヘテロ接合界面の乱雑化は(光技術共同研究所編著、「光電子集積回路の基礎技術」(1989年8月20日、(株)オーム社発行、第1版第1刷)、371~384頁参照)抑止されているのが教示された。

【0042】(第2実施例)第1の伝導形をp形とし、

第2の伝導形をn形として、p形の第1のリン化硼素系半導体層とn形の第2のリン化硼素系半導体層とを利用してリン化硼素系半導体LEDを構成する場合を例にして、本発明を具体的に説明する。

【0043】本第2実施例に係わるLED2Bの断面模式図を図4に示す。図4に示す積層構造体2Aに於いて、図1及び図2に例示した積層構造体1Aと同一の構成要素については図1または図2と同一の符号を付してある。

【0044】LED2B用途の積層構造体2Aは、(111)結晶面を表面とする硼素(B)ドーパのp形Si単結晶を基板101として形成した。

【0045】基板101の表面には、(C₂H₅)₃B/ $\sqrt{3}$ PH₃/ $\sqrt{3}$ H₂系減圧MOCVD法に依り、1075℃でアンドーパでp形リン化硼素(BP)層からなる第1のリン化硼素系半導体層103を積層した。成膜時の圧力は約0.2気圧に保持した。第1の伝導形(本第2実施例では、p形)の第1のリン化硼素系半導体層103の成膜を果たす15分間の間に、珪素単結晶基板101より侵入、拡散して来る珪素原子に因り、層103の内部の珪素原子濃度は約7 $\times 10^{18}$ cm⁻³に達した。珪素原子濃度がこの様な高濃度となっても、熱起電力の向きからして(本文中に記載の「半導体技術(上)」、119~120頁参照)、同層103はp形の伝導性を維持しており、そのキャリア濃度は約2 $\times 10^{19}$ cm⁻³であることが、別途、確認されている。また、第1のリン化硼素系半導体層103の層厚は約210nmとした。第1のリン化硼素系半導体層103をなす単量体のBP層の室温での禁止帯幅は約3.0eVであった。

【0046】また、第1のリン化硼素系半導体層103は、MOCVD反応系へのPH₃と(C₂H₅)₃Bとの供給量比率(=PH₃/(C₂H₅)₃B)を9.0とし、また、成膜速度を30nm/分として成膜したために、内部に双晶108を略均一な密度で含むものとなった。双晶108はリン化硼素(BP)の{111}-結晶面を双晶境界面とするものであった。双晶は一種の積層欠陥(stacking fault)とも見なせるが(坂公恭著、「結晶電子顕微鏡学」(1997年11月25日、(株)内田老鶴園発行第1版)、111~112頁参照)、イントリンシック(intrinsic)型かエクストリンシック(extrinsic)型の何れかの様式の積層欠陥(上記の「結晶電子顕微鏡学」、141頁参照)かは明確に判別するに至らなかった。

【0047】第1のリン化硼素系半導体層103上には、(CH₃)₃Ga/(CH₃)₃In/NH₃/H₂系減圧MOCVD法により、800℃でに於いて、Siをドーピングしたn形窒化ガリウム・インジウム(Ga_{0.90}In_{0.10}N)からなる発光層104を積層した。発光層104は、約0.8気圧の減圧下で成膜した。層厚は約50nmとした。発光層104の成膜時には、Si₂H₆

—H₂ 混合ガスを使用して、層内の珪素原子濃度が約 $7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となる様に珪素をドーピングした。第1のリン化硼素系半導体層 103 の内部の上記の珪素元素濃度は、リン (P) 空孔を占有する硼素 (B) 原子の濃度より桁違いに低く、同層 103 の表面は平坦性に優れるものであった。このため、第1のリン化硼素系半導体層 103 上に形成した発光層 104 の表面は突起も無く平坦となった。

【0048】発光層 104 の表面上には、n 形のリン化硼素 (BP) からなる第2のリン化硼素系半導体層 105 を積層した。第2の伝導形 (本第2実施例では、n 形) の第2のリン化硼素系半導体層 105 の成膜時には、同層 105 内の珪素原子の残留濃度が約 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であるのに鑑み、合計の珪素原子濃度が約 $7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となる様に、ジシラン—水素混合ガスを利用して珪素をドーピングした。この珪素原子濃度は、硼素 (B) の空孔を占めるリン (P) 原子の濃度より遥かに低く、従って、第2のリン化硼素系半導体層の伝導形の反転は認められなかった。また、この様な珪素原子濃度では、珪素を含む析出物の発生は認められず、第2のリン化硼素系半導体層 105 の平坦な表面を有する連続膜となった。第2のリン化硼素系半導体層 105 のキャリア濃度は約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ とした。層厚は、第1のリン化硼素系半導体層 103 と同じく約 210 nm とした。第2のリン化硼素系半導体層 105 は、室温での禁帯幅を約 3.0 eV とする単量体のリン化硼素 (BP) より構成した。伝導形を相違する第1及び第2のリン化硼素系半導体層 103、105 と、発光層 104 とから pn 接合型ダブルヘテロ接合 (DH) 構造型の発光部を構成した。

【0049】n 形の第2のリン化硼素系半導体層 105 の表面の中央部には、表面電極 106 を配置した。表面電極 106 は、第2のリン化硼素系半導体層 105 に接触する側を金・ゲルマニウム (Au・Ge) 合金膜とする、Au・Ge/Ni/Au3 層重層膜から構成した。台座電極を兼ねる円形の表面電極 106 の直径は、約 110 μm とした。p 形 Si 単結晶基板 101 の裏面の略全面には、裏面電極 107 としてアルミニウム (Al) からなるオーミック電極を配置して LED2B を構成した。Al 真空蒸着膜の膜厚は約 3 μm とした。表面及び裏面電極 106、107 を形成した後、Si 単結晶 101 を [211] 方向に平行及び垂直な方向に裁断して、一辺を約 350 μm とする正方形の LED2B とした。

【0050】表面電極 106 と裏面電極 107 との間に順方向に 20 ミリアンペア (mA) の動作電流を流通した際の発光中心波長は約 440 nm となった。発光層 104 と、障壁層の第1及び第2のリン化硼素系半導体層 103、105 との珪素原子濃度を同一として、拡散に因る発光層 104 内の珪素原子濃度の変動を抑止したため、一般的な積分球を利用して測定されるチップ (ch

i p) 状態での輝度は約 10 ミリカンデラ (mcd) となり、高発光強度の LED2B が提供された。また、良好な整流特性が発揮され、電流—電圧 (I—V) 特性から求めた順方向電圧 (=Vf) は約 3 V (但し、順方向電流 = 20 mA) で、逆方向電圧は 7 V (但し、逆方向電流 = 10 μA) であり、高耐圧でもある LED2B が提供された。

【0051】

【発明の効果】本発明に依れば、珪素単結晶からなる基板上に設けられ、高強度の発光をもたらすに最適な原子濃度で添加された第 I V 族元素を含む I I I—V 族半導体からなる発光層に、第 I V 族元素を含み伝導形を相違する第1および第2のリン化硼素系半導体層を接合させて pn 接合型ヘテロ接合構造を構成することとしたので、例えば、発光層からの第 I V 族元素の外部拡散を抑制するに効果を奏し、発光層内の第 I V 族元素の原子濃度を発光強度の観点から最適な濃度に維持することができ、高発光強度の発光素子を提供できる。

【0052】特に、本発明では、発光層を挟持してヘテロ接合構造をなす第1または第2のリン化硼素系半導体層を、発光層と略同等の第 I V 族元素の原子濃度を有する第1または第2の伝導形の導電性半導体層から構成することとしたので、原子濃度の差異に起因する第 I V 族元素の相互拡散を抑制するに効果を上げられ、発光層内の第 I V 族元素の原子濃度を発光強度の観点から最適な濃度に維持することができ、高発光強度の発光素子をもたらすに貢献できる。

【0053】また特に、本発明では、発光を挟持してヘテロ接合構造をなす第1または第2のリン化硼素系半導体層を、発光層にドーピングしたものと同一の第 I V 族元素を含む第1または第2の伝導形の導電性半導体層から構成することとしたので、原子濃度の差異に起因する第 I V 族元素の相互拡散を抑制するに更に、効果を上げられ、発光層内の第 I V 族元素の原子濃度を発光強度の観点から最適な濃度に維持することができ、高発光強度の発光素子をもたらすことができる。

【0054】また特に、本発明では、発光を挟持してヘテロ接合構造をなす第1または第2のリン化硼素系半導体層を、発光層にドーピングしたものと同一の第 I V 族元素を、略同一の原子濃度で含む第1または第2の伝導形の導電性半導体層から構成することとしたので、原子濃度の差異に起因する第 I V 族元素の相互拡散を抑止するに更に、効果を上げられ、発光層内の第 I V 族元素の原子濃度を発光強度の観点から最適な濃度に維持することができ、高発光強度の発光素子をもたらすことができる。

【0055】更に、本発明では、第 I V 族元素の原子濃度を、硼素 (B) 空孔を占有するリン (P) 原子またはリン空孔を占める硼素 (B) 原子の濃度以下とした第1または第2の伝導形のリン化硼素系半導体層を発光層に

接合させる積層構成としたので、アンドープ状態での伝導性を維持しつつ、表面の平坦性に優れ得る発光層をもたらし効果を奏し、しいては伝導性に依って異なる不純物をドーピングする煩雑性を回避して高強度の発光をもたらす発光素子を簡便に提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係るLEDの平面模式図である。

【図2】図1に示すLEDの破線X-X'に沿った断面模式図である。

【図3】本発明の第1実施例に係るLED中の珪素原子の深さ方向の濃度分布を示す図である。

【図4】本発明の第2実施例に係るLEDの断面模式図*

*である。

【符号の説明】

1A、2A 積層構造体

1B、2B LED

101 基板

102 緩衝層

103 第1のリン化硼素系半導体層

104 発光層

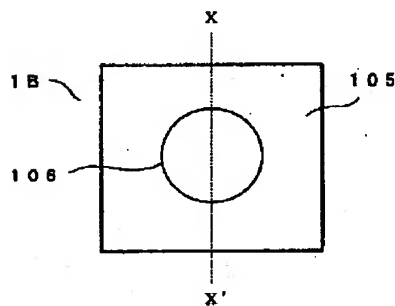
105 第2のリン化硼素系半導体層

10 106 表面電極

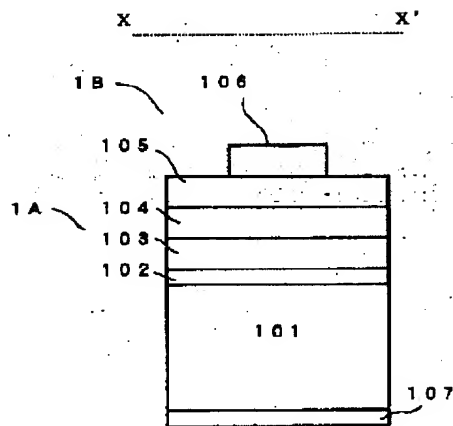
107 裏面電極

108 双晶

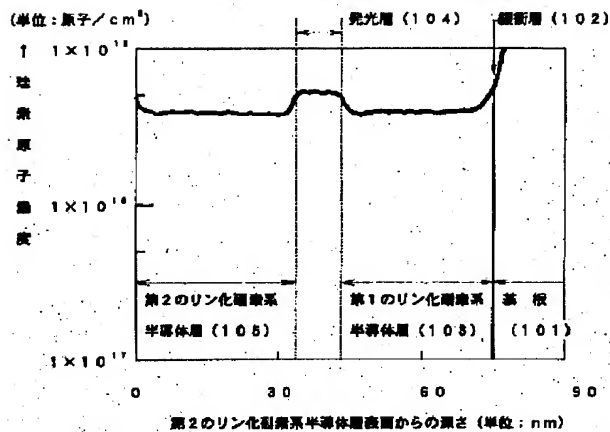
【図1】



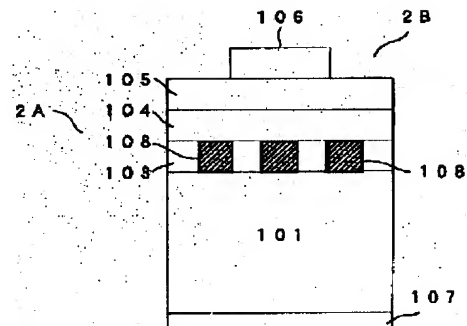
【図2】



【図3】



【図4】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-249679

(43)Date of publication of application : 05.09.2003

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/205

(21)Application number : 2002-047457

(71)Applicant : SHOWA DENKO KK

(22)Date of filing : 25.02.2002

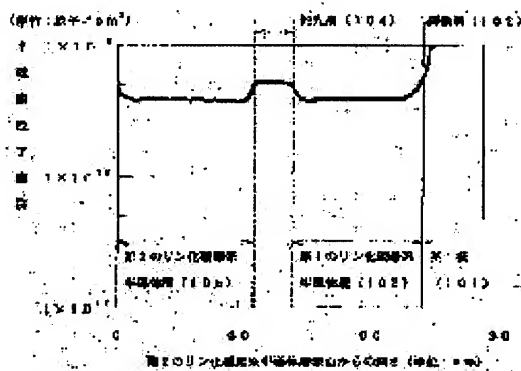
(72)Inventor : UDAGAWA TAKASHI

(54) pn JUNCTION TYPE BORON PHOSPHIDE GROUP SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress an external diffusion of a IV-element from a light emitting layer in a boron phosphide group semiconductor light emitting element, and to maintain an atom concentration of the IV-element in the light emitting layer at optimum concentration from the viewpoint of light emission intensity.

SOLUTION: The boron phosphide group semiconductor light emitting element is provided with the light emitting layer consisting of a first boron phosphide group semiconductor layer, and a III-V semiconductor layer obtained by intentionally adding the IV-element and pn junction type hetero junction structure consisting of a second boron phosphide group semiconductor layer. The first boron phosphide group semiconductor layer is constituted of an undoped first conductive boron phosphide group semiconductor containing the IV-element, and the second boron phosphide group semiconductor layer is constituted of a second conductive boron phosphide group semiconductor layer containing the IV-element.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3900968

[Date of registration] 12.01.2007

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The substrate which consists of a silicon (Si) single crystal of the 1st conduction type, and the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st conduction type formed on this substrate, the [which was prepared on the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer / which has the 1st or 2nd conduction type / on a periodic table of the elements] -- with the luminous layer which consists of an III-V group semi-conductor layer which added IV group element intentionally It has the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer of the 2nd conduction type formed on the luminous layer. In the pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device equipped with the pn junction mold hetero (different species) junction structure which consists of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer, a luminous layer, and the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer It constitutes from a Linn-ized boron system semi-conductor of the 1st conduction type of undoping containing IV group element. the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer -- the -- the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer -- the -- the pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device characterized by constituting from a Linn-ized boron system semi-conductor layer containing IV group element of the 2nd conduction type opposite to the 1st conduction type.

[Claim 2] the [of the same kind as what is contained in the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer at a luminous layer] -- the pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device according to claim 1 characterized by containing IV group element.

[Claim 3] the [which is contained in the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer] -- the atomic concentration of IV group element -- the [inside a luminous layer] -- the pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device according to claim 1 or 2 characterized by considering as less than **30% to the atomic concentration of IV group element.

[Claim 4] the [which is contained in the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer and luminous layer] -- a pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in claim 1 characterized by using IV group element as silicon (Si) thru/or any 1 term of 3.

[Claim 5] A pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in claim 1 characterized by constituting the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer from a Linn-ized boron system semi-conductor layer of the 2nd conduction type of undoping thru/or any 1 term of 4.

[Claim 6] the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer -- the -- a pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in claim 1 characterized by constituting IV group element from a Linn-ized boron system semi-conductor layer of the 2nd conduction type added intentionally thru/or any 1 term of 4.

[Claim 7] having added in the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer at the luminous layer -- the [of the same kind] -- a pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in claim 1 characterized by containing IV group element thru/or any 1 term of 6.

[Claim 8] the [which is contained in the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer] -- the atomic concentration of IV group element -- the [inside a luminous layer] -- a pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in claim 1 characterized by considering as less than **30% to the atomic concentration of IV group element thru/or any 1 term of 7.

[Claim 9] the [which is contained in the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer and luminous layer] -- a pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in claim 1 characterized by what IV group element was used as silicon (Si) for thru/or any 1 term of 8.

[Claim 10] The pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device according to claim 4 characterized by carrying out to which [of the concentration of the Linn atom which occupies a boron hole for the atomic concentration of the silicon contained in the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer, or the concentration of the boron atom which occupies the Linn hole] below concentration.

[Claim 11] The pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device according to claim 9 characterized by carrying out to which [of the concentration of the Linn atom which occupies a boron hole for the atomic concentration of the silicon contained in the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer, or the concentration of the boron atom which occupies the Linn hole] below concentration.

[Claim 12] MOCVD -- the manufacture approach of the pn junction mold Linn-ized boron system semi-conductor light emitting device according to claim 1 to 11 which is 1000-1200 degrees C in temperature about

the Linn-ized boron system semi-conductor layer of p mold, and is characterized by forming the Linn-ized boron system semi-conductor layer of n mold at the temperature of 750-950 degrees C by law.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the technique for constituting the Lynn-ized boron system semiconductor device equipped with heterojunction structure, and relates to the technique for obtaining the Lynn-ized boron system semi-conductor light emitting device which presents high luminescence reinforcement especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is in the former and Lynn-ized boron (BP) is found as a group's III-V semiconductor kind (refer to Nature, 179, and No. 4569 (1957) or 1075 pages). Moreover, since Lynn-ized boron (BP) is the semi-conductor of a indirect transition mold (refer to the Teramoto ****, "semiconductor device introduction" (March 30, 1995, Baifukan Issue First edition), and 28 pages), it is supposed that it is not become a suitable ingredient to form the luminous layer of a semi-conductor light emitting device. For this reason, in the Lynn-ized boron system semi-conductor light emitting diode (LED) which comes to have the conventional Lynn-ized boron system semi-conductor layer, the Lynn-ized boron system semi-conductor layers, such as Lynn-ized boron, are used for constituting the buffer coat chiefly prepared on the substrate which consists of a silicon single crystal (silicon) (refer to U.S. Pat. No. 6 and No. 069 or 021). Moreover, in the laser diode (LD), it is used as a contact (contact) layer for preparing an ohmic (Ohmic) electrode, for example (refer to JP,2-288388,A).

[0003] On the other hand, it is in a semi-conductor light emitting device, and, usually a luminous layer consists of semiconductor materials of the direct transition mold which is excellent in radiative-recombination effectiveness as compared with a indirect transition mold. The luminous layer is mainly conventionally constituted from the gallium nitride indium ($\text{GaIn}_{1-X}\text{N}_X$ ($0 \leq X \leq 1$)) by the Lynn-ized boron system semi-conductor LED (refer to JP,55-3834,B). the [which is especially carried by periodic tables of the elements, such as silicon (Si) and germanium (germanium),] -- it has been usually to constitute a luminous layer from $\text{GaIn}_{1-X}\text{N}_X$ ($0 \leq X \leq 1$) which added IV group element intentionally (refer to JP,6-260680,A). the -- it is because the $\text{GaIn}_{1-X}\text{N}_X$ ($0 \leq X \leq 1$) luminous layer which brings about luminescence of high reinforcement can be offered by doping (doping) of IV group element (refer to the Japan patent No. 2560963 official report). In order to be in a semi-conductor light emitting device and to obtain luminescence of high intensity, usually a light-emitting part is made into the double different-species (double hetero:DH) structure of the pn junction mold which consists of a luminous layer and an obstruction (clad) layer of p form which pinches a luminous layer, or n form (refer to JP,6-260283,A).

[0004] the former -- setting -- the Lynn-ized boron system semi-conductor layer of p form -- the [of element periodic law] -- it usually comes out to add and obtain magnesium (Mg), zinc (Zn), etc. belonging to II group intentionally (doping), and there is (refer to ** JP,2-275682,A, ** JP,2-288371,A, ** JP,2-288388,A, ** JP,10-242514,A, ** JP,10-242515,A, and ** JP,10-242567,A). moreover, the Lynn-ized boron system semi-conductor layer of n form -- the [such as silicon (Si),] -- it may depend on doping of IV group element -- usually -- ** -- it has become (for example, refer to above-mentioned JP,2-288388,A). In view of such a conventional technical example, p form barrier layer which makes the light-emitting part of pn junction mold DH structure consists of p form Lynn-ized boron system semi-conductor layers which doped Mg or Zn. Moreover, n form barrier layer consists of n form Lynn-ized boron system semi-conductor layers which doped silicon (refer to application for patent No. 158282 [2001 to]).

[0005] the [on the other hand,] -- it is indicated that the silicon (Si) which is IV group element works as an amphoteric (amphoteric impurity) like the case where other groups III-V semiconductor are received, to the Lynn-ized boron system semi-conductor (refer to the Shono Katsufusa work, "semiconductor technology (above)" (June 25, 1992, University of Tokyo Press issue 9 **), and 77 pages). Moreover, about the Lynn-ized boron semi-conductor layer, the technique of being in the condition of the so-called undoping (undope) which does not add an impurity intentionally, and obtaining the semi-conductor layer of n form or p form by ****(ing) and choosing the vapor growth temperature of the Lynn-ized boron layer is also indicated (refer to the above-mentioned "semiconductor technology (above) and 76 - 77 pages). It is supposed that existence with a boron hole and the Lynn hole is participating in the decision of the conduction type of the Lynn-ized boron semi-conductor layer of undoping (the Shono Katsufusa work, "semiconductor technology 100 collection of the VLSI age [III]" (refer to April 1, Showa 57, Ohm-Sha Issue, "electronic magazine electronics", the 27th volume of the No. [4] appendix, and 86 - 87 pages)).

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Nevertheless, with the conventional technique, the impurity (dopant) of a class which is different specially in the Lnn-ized boron system semi-conductor layer which is different in conduction type had been doped and obtained. Therefore, the trouble of hitting acquiring the pn junction structure which consists of a Lnn-ized boron system semi-conductor layer suited conduction type at the complicatedness which must change a dopant kind specially and must obtain the Lnn-ized boron system semi-conductor layer of n form or p form. the [moreover, / which was doped to the luminous layer even if it tried when the light-emitting part of DH structure of a pn junction mold would be obtained as a barrier layer, using ***** and the Lnn-ized boron system semi-conductor layer of undoping in order to avoid this complicated doping actuation] -- it has fully come to control being spread to the Lnn-ized boron system semi-conductor barrier layer of undoping of IV group element. the [moreover, / which was doped in order to bring about luminescence of high intensity like the above] -- since extent diffused to the Lnn-ized boron semi-conductor layer of undoping of IV group element, for example, silicon, is changed, the reinforcement of luminescence by which outgoing radiation is carried out from a luminous layer becomes unstable, and if it spreads, there is no yes in obtaining ***** Lnn-ized boron system half ***** for the stable luminescence reinforcement very much.

[0007] It is in the Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device of the pn junction mold DH structure which makes a luminous layer the semi-conductor layer which comes to dope IV group element as an impurity. the [for example,] -- Diffusion of IV group element can be controlled. the [to the Lnn-ized boron system semi-conductor layer of undoping which can be formed simple] -- the [therefore, / inside the luminous layer added by concentration suitable in order to bring about high luminescence reinforcement] -- if the configuration which can avoid reduction of the concentration of IV group element is offered, it will become effective in obtaining the Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device which is stabilized and presents high luminescence reinforcement. Especially in this invention, the configuration of the light-emitting part of the heterojunction structure which takes effect is shown for bringing about the Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device of high luminescence reinforcement.

[0008]

[Means for Solving the Problem] Namely, the substrate with which this invention consists of a silicon (Si) single crystal of the (1) 1st conduction type. The 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st conduction type formed on this substrate, the [which was prepared on the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer / which has the 1st or 2nd conduction type / on a periodic table of the elements] -- with the luminous layer which consists of an III-V group semi-conductor layer which added IV group element intentionally It has the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer of the 2nd conduction type formed on the luminous layer. In the Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device equipped with the pn junction mold hetero (different species) junction structure which consists of the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer, a luminous layer, and the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer It constitutes from a Lnn-ized boron system semi-conductor of the 1st conduction type of undoping containing IV group element. the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer -- the -- the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer -- the -- the pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device characterized by constituting from a Lnn-ized boron system semi-conductor layer containing IV group element of the 2nd conduction type opposite to the 1st conduction type.

(2) the [of the same kind as what is contained in the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer at a luminous layer] -- a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in the above (1) characterized by containing IV group element.

(3) the [which is contained in the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer] -- the atomic concentration of IV group element -- the [inside a luminous layer] -- a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device the above (1) characterized by considering as less than **30% to the atomic concentration of IV group element, or given in (2).

(4) the [which is contained in the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer and luminous layer] -- a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device the above (1) characterized by using IV group element as silicon (Si) thru/or given in any 1 term of (3).

(5) The above (1) characterized by constituting the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer from a Lnn-ized boron system semi-conductor layer of the 2nd conduction type of undoping thru/or a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in any 1 term of (4).

(6) the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer -- the -- a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device the above (1) characterized by constituting IV group element from a Lnn-ized boron system semi-conductor layer of the 2nd conduction type added intentionally thru/or given in any 1 term of (4).

(7) having added in the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer at the luminous layer -- the [of the same kind] -- a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device the above (1) characterized by containing IV group element thru/or given in any 1 term of (6).

(8) the [which is contained in the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer] -- the atomic concentration of IV group element -- the [inside a luminous layer] -- a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device the above (1) characterized by considering as less than **30% to

the atomic concentration of IV group element thru/or given in any 1 term of (7).

(9) the [which is contained in the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer and luminous layer] -- a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device the above (1) characterized by what IV group element was used as silicon (Si) for thru/or given in any 1 term of (8).

(10) A pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in the above (4) characterized by carrying out to which [of the concentration of the Lnn atom which occupies a boron hole for the atomic concentration of the silicon contained in the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer, or the concentration of the boron atom which occupies the Lnn hole] below concentration.

(11) A pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device given in the above (9) characterized by what was done to which [of the concentration of the Lnn atom which occupies a boron hole for the atomic concentration of the silicon contained in the 2nd Lnn-ized boron system semi-conductor layer, or the concentration of the boron atom which occupies the Lnn hole] below concentration. It comes out. Moreover, this invention is the manufacture approach of a pn junction mold Lnn-ized boron system semi-conductor light emitting device the above (1) which is 1000-1200 degrees C in temperature about the Lnn-ized boron system semi-conductor layer of p mold, and is characterized by forming the Lnn-ized boron system semi-conductor layer of n mold at the temperature of 750-950 degrees C by the (12) MOCVD method thru/or given in (11). It comes out.

[0009]

[Embodiment of the Invention] In the 1st operation gestalt of this invention, {100}, {110} or {100}- that uses the {111} crystal faces as a front face, {110}-, and a {111}-silicon (Si) single crystal can be used for a substrate. Moreover, the silicon single crystal which makes it an include angle and uses abundance and the sloping crystal face as a front face, more for example than the {111} crystal faces can also be used as a substrate. Especially, as compared with the {100} crystal faces etc., the silicon atom exists in the {111} crystal faces of the silicon single crystal of a diamond (diamond) crystal structure mold by the higher consistency. For this reason, a {111}-Si single crystal serves as a substrate effective in preventing that the boron (B) atom and the Lnn (P) atom which constitute the upper Lnn-ized boron system semi-conductor layer are invaded or spread inside Si single crystal substrate. Any of n form or p form are sufficient as the conduction type of a silicon single crystal. By this invention, the 1st conduction type is tentatively called to the conduction type of the silicon single crystal which forms a substrate. Positive/negative and which polar ohmic (Ohmic) nature electrode can be laid for a conductive silicon single crystal as a rear-face electrode at the rear face of a substrate, then a substrate, and it can contribute for constituting a light emitting device simple. The low conductive single crystal substrate of specific resistance (resistivity) which makes resistivity especially more desirably less than [0.1mohm] contributes for bringing about LED with low forward voltage (the so-called Vf) below 1 milli ohm (mohms). Moreover, since it excels in heat dissipation nature, it becomes effective in constituting LD which brings about the stable oscillation.

[0010] The 1st Lnn-ized boron system compound semiconductor layer which carries out a laminating on a silicon single crystal substrate front face constitutes boron (B) and Lnn (P) for example, from $B\alpha P\gamma In(1-\alpha-\beta-\gamma)$ ($0 < \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta < 1$, $0 \leq \gamma < 1$, $0 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$, $0 \leq \delta < 1$) included as a configuration element. Moreover, for example, it can constitute from $B\alpha P\gamma In(1-\alpha-\beta-\gamma)$ ($0 < \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta < 1$, $0 \leq \gamma < 1$, $0 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$, $0 \leq \delta < 1$). The 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer is a semi-conductor layer which approaches by the front face of a silicon single crystal substrate in [layer / below-mentioned / 2nd / Lnn-ized boron system semi-conductor] location, and is prepared. Moreover, let conduction type of the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer be the 1st conduction type which is in agreement with the conduction type of the silicon single crystal which forms a substrate. For example, the case where p form Lnn-ized boron system semi-conductor layer of high resistance is prepared on the {111}-Si single crystal substrate of p form can be illustrated.

[0011] the 1st Lnn-ized boron system compound semiconductor layer -- especially -- a presentation (=alpha) and Lnn of boron (B) -- the boron and Lnn which carry out each presentation (= 1-delta) of (P) to more than 0.5 (= 50%) are included as a subject -- for example $B\alpha P\gamma In(1-\alpha-\beta-\gamma)$ ($0.5 \leq \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta < 0.5$, $0 \leq \gamma < 0.5$, $0.5 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$, $0 \leq \delta < 0.5$). Or it can constitute from $B\alpha P\gamma In(1-\alpha-\beta-\gamma)$ ($0.5 \leq \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta < 0.5$, $0 \leq \gamma < 0.5$, $0.5 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$, $0 \leq \delta < 0.5$) suitably. From the Lnn-ized boron system semi-conductor mixed crystal which includes actively the boron which makes the presentation of boron (B) and Lnn (P) 0.5 or more respectively, and Lnn, there is an advantage to which the impurity which controls conduction type is not added intentionally (= doping), but the Lnn-ized boron system semi-conductor layer of the conductivity [**] of the 1st or 2nd conduction type is brought. That is, since the Lnn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st conduction type can be formed by undoping, the complicated nature which changes the impurity kind therefore added to conduction type is avoidable for forming the Lnn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st conduction type.

[0012] the 1st Lnn-ized boron system semi-conductor layer which has the 1st same conduction type as the silicon single crystal of a substrate -- the -- the [which doped in a luminous layer in order to make the reinforcement of luminescence emitted increase while released from the complicated actuation which dopes an impurity, when having constituted from an undoping layer containing IV group element] -- effect is taken by

controlling invasion into the 1st [of IV group element] Lynn-ized boron system semi-conductor layer, and diffusion. the [which is contained in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer] -- it is not necessary to necessarily limit IV group element to one kind the [the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st conduction type is made to contain] -- in IV group element, carbon (C), silicon (Si), germanium (germanium), tin (Sn), etc. can be illustrated. the [these] -- since it is in IV group element and carbon (C) and silicon (Si) are not notably diffused within groups III-V semiconductor, such as the Lynn-ized boron system semi-conductor layer, it is especially suitable. the [moreover, / which is especially included in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer] -- the [which doped IV group element to the luminous layer] -- the [the same as that of IV group element, then / of a luminous layer] -- effectiveness can be raised for controlling invasion in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer of IV group element, and diffusion. As an example of the 2nd operation gestalt of this invention, the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer in which silicon was included may be prepared about a silicon dope luminous layer. Moreover, the example which prepares a carbon dope luminous layer on the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer containing carbon can be given.

[0013] the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st conduction type containing carbon (C) and silicon (Si) -- the [these] -- there is an advantage which does not add IV group element intentionally but can also form **. For example, the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer containing silicon is obtained simple by using a silicon single crystal as a substrate. If a silicon single crystal substrate is especially held in temperature of 1200 degrees C or less above 850 degrees C, the temperature of 750 degrees C - 1200 degrees C and the silicon isolated from the silicon single crystal will mix in the interior of the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer conveniently, and can form the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer containing silicon. Moreover, in forming the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer, the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer which contains the source of boron (B), then carbon for the functional group (function group) containing carbon (C) and the organic boron compound which added the saturation or the partial saturation aliphatic series functional group of the shape of the shape of a side chain and a straight chain especially can be formed simply. Namely, for example, methane (CH₄), trimethyl arsenic (CH₃) (3As), Even if it does not use anew carbon content compounds, such as a carbon tetrachloride (CCl₄) and carbon tetrabromide (CBr₄), as a carbonaceous dopant For example, if the carbon which is based on the pyrolysis of alkyl (alkyl) boron compounds, such as trimethyl boron (CH₃) (3B) and boron triethyl (C₂H₅) (3B), and is generated is used, the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer containing carbon is made simple, and can be formed. If it puts in another way, it can form simple with vapor growth means, such as the organic metal chemical depositing method (MOCVD law) which makes these alkyl boron compounds the source of boron.

[0014] the [such as silicon (Si) included in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st conduction type, or carbon (C),] -- the [by which the atomic concentration of IV group element is contained in a luminous layer] -- about 0.5 or more times of the atomic concentration of IV group element -- about -- it is desirable to consider as 2 double less or equal. the [in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer] -- if the atomic concentration of IV group element turns into high concentration exceeding the twice [about] of that of a luminous layer -- the [from the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer to a luminous layer] -- diffusion of IV group element -- being generated -- the [in a luminous layer] -- it causes un-arranging [from which the atomic concentration of IV group element turns into high concentration at **]. the [on the contrary, / in a luminous layer] -- less than about 0.5 times [of the atomic concentration of IV group element] low concentration -- the -- the [which is turned to the interior of the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer from a luminous layer in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer containing IV group element] -- since [this] diffusion of IV group element occurs notably -- the [inside a luminous layer] -- the atomic concentration of IV group element decreases and it produces un-arranging to bring about luminescence of high intensity. the [in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer] -- still more suitable one as atomic concentration of the sum total of IV group element -- the [in a luminous layer] -- the [of inside when the atomic concentration of IV group element and abbreviation are equal (i.e., a luminous layer)] -- it is the atomic concentration which is in **30% of within the limits to the atomic concentration of IV group element. the [of a luminous layer and the Lynn-ized boron system semi-conductor layer] -- the [which originates in the difference of the atomic concentration and is generated, so that the difference in the atomic concentration of IV group element is smallness] -- the counter diffusion of IV group element may be controlled more. the most suitable one -- the [of the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer] -- the atomic concentration of IV group element is the case where they are it of a luminous layer, and this concentration. the [inside the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer] -- the atomic concentration of IV group element can carry out a quantum like the case of a luminous layer using analysis means, such as secondary ion mass analysis (SIMS) and the Auger (Auger) electron spectroscopy analysis method.

[0015] as a way stage of the 3rd operation gestalt of this invention -- the [for example,] -- it is in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer which contains silicon (Si) as an IV group element, membrane formation temperature is adjusted, and the example which makes silicon atom concentration in a layer less than **30% on the basis of it of a luminous layer can be raised. Silicon atom concentration in a layer can be made into high concentration, so that membrane formation temperature, i.e., the retention temperature of a

silicon single crystal substrate, is made into an elevated temperature, and, so that the hot holding time is lengthened. For example, on the p form {111}-Si single crystal substrate held at 1050 degrees C of membrane formation temperature, p form Lynn-ized boron (BP) layer of undoping which sets silicon atom concentration to abbreviation 4×10^{17} atom / cm^3 can be formed. If membrane formation temperature is made into the elevated temperature exceeding 1200 degrees C, the Lynn-ized boron crystal of the polymer of B6P of the rhombohedron crystal structure or B13P2 grade will become is easy to be formed. If the Lynn-ized boron polymer occurs in the 1st [of a cubic sphalerite crystal mold] Lynn-ized boron system semi-conductor layer, invasion into the layer of the silicon from a silicon single crystal substrate will arise notably through distortion or the crystal defect based and generated in the layer in the difference of a crystal mold. For this reason, sometimes the atomic concentration of the silicon in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer exceeds 5×10^{19} atom / cm^3 , and turns into high concentration at **, and the crystallinity of the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer causes un-arranging [which becomes disorderly].

[0016] Moreover, when the buffer coat of an amorphous substance or polycrystal is prepared in the middle with the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer on a silicon single crystal substrate, the buffer coat which consists of such a crystalline form has the operation which captures the silicon atom diffused from a substrate while easing the lattice mismatch of a silicon single crystal substrate and the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer. Therefore, the concentration of the diffused silicon atom in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer may be low controlled compared with the case where the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer is directly joined to a silicon single crystal substrate front face. The silicon atom captured by the buffer coat becomes abundant, so that the thickness of a buffer coat is thick. That is, the silicon atom concentration of the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer is controllable even if it adjusts the thickness of a buffer coat. It is in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer containing silicon, and it is suitable for the atomic concentration of the silicon in a layer to carry out to under the concentration of the Lynn (P) atom which occupies the hole (vacancy) of boron, or the boron (B) atom which occupies the hole in Lynn. Also although it says that ***** and silicon work as an amphoteric by maintaining the relation of this concentration, the predominance of the Lynn-ized boron system semi-conductor which can obtain the semi-conductor layer of the conduction type of the both sides of n form or p form simple is maintainable in the state of undoping.

[0017] the -- even if it is in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer which contains carbon (C) as an IV group element, the carbon atom concentration in a layer depends on adjustment of membrane formation temperature, and can be controlled. Carbon atom concentration in a layer can be made into high concentration, so that membrane formation temperature, i.e., the retention temperature of a silicon single crystal substrate, is made into an elevated temperature. However, at the elevated temperature exceeding 1200 degrees C, the Lynn-ized boron crystal of the polymer of B6P of the rhombohedron crystal structure or B13P2 grade becomes is easy to be formed about membrane formation temperature, and it becomes inconvenient for obtaining the Lynn-ized boron system semi-conductor layer homogeneous in presentation. Moreover, the carbon concentration in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer can be made into high concentration, so that it makes the concentration into the membrane formation environment of the organic boron compound of the source slack above of (Boron B) to supply increase. However, it is in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer containing carbon, and it is suitable for the atomic concentration of the carbon in a layer to carry out to under the concentration of the Lynn (P) atom which occupies the hole (vacancy) of boron, or the boron (B) atom which occupies the hole in Lynn. Also although it says that ***** and carbon work as an amphoteric by maintaining the relation of this concentration, the 1st conduction type concluded in the state of undoping is maintainable. the concentration of the boron atom which occupies the Lynn hole, or the concentration of the Lynn atom which occupies a boron hole -- as each, the concentration of boron-boron (B-B) association, or the concentration of the Lynn-Lynn (P-P) association -- the Raman (Raman) spectroscopy and nuclear magnetic resonance (NMR) -- it depends on means, such as law, and can measure.

[0018] The luminous layer which consists of a group III-V semiconductor concerning the 1st operation gestalt of this invention can consist of III group nitride semi-conductor layers, such as for example, a gallium nitride indium ($\text{GaXIn1-XN:O} \leq X \leq 1$) and a phosphorus nitride-ized gallium ($\text{GaN1-YPY:O} \leq Y \leq 1$). especially -- the [for example,] -- the III group nitride semi-conductor layer which added IV group element intentionally (doping) can be suitably used as a luminous layer. Silicon (Si), carbon (C), etc. can be illustrated to the impurity doped to a luminous layer. especially -- the [other] -- since it is hard to be spread upwards to the exterior of a luminous layer as compared with germanium (germanium) and tin (Sn) which are IV group element and can dope easily as compared with the case of carbon (C), it can use suitably. the [inside a luminous layer] -- the suitable concentration of IV group element is 1×10^{19} atom / [1×10^{17} atom / cm^3 -] cm^3 in general. They are especially suitable abbreviation 5×10^{18} atom / cm^3 - abbreviation 7×10^{18} atom / cm^3 . 1×10^{19} atom / cm^3 is exceeded -- as -- the -- in the luminous layer which doped IV group element, crystallinity gets worse and it does not come to obtain the luminous layer which brings about luminescence of high intensity. Let conduction type of a luminous layer be the 1st or 2nd conduction type. In the case of the luminous layer of the 2nd conduction type, junction in the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st conduction type can constitute single hetero (single hetero:SH) assembling-die pn junction structure. Moreover, the light-emitting part of double hetero (double hetero: English abbreviated name DH)

[0023] While the doping actuation accompanied by modification of an impurity kind be avoidable, there be an advantage from which the conductive layer of low resistance be easily obtain by high carrier concentration in constituting the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers from an undoping layer by changing the relative rate of the ratio of concentration of the donor (donor) who participate in the hole of boron (B) or Linn (P), or an acceptor (acceptor) component. For example, even if it is undoping, n form Linn-

ized boron system semi-conductor layer of low resistance which makes it carrier concentration and exceeds abbreviation $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ can be obtained. Moreover, if it is undoping, p form Lynn-ized boron system semi-conductor layer of low resistance of the carrier concentration exceeding abbreviation $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ can be constituted simple. the [for example, /, such as sulfur (S) or a selenium (Se),] — it is [that the semi-conductor layer which a front face has and lacks in a continuity is only brought about by addition of rather a lot of / that it is difficult to be stabilized and to discover concentration of electrons high like the case of the above-mentioned undoping in the place which doped n form impurity of VI group element so much, and / impurities, and]. [disorderly] the [moreover,] — the front face disorderly in the place which doped so much p form impurity nature which cannot form boron (B) and compounds, such as zinc (Zn) of II group element, and cadmium (Cd), easily which may not come to be stabilized in the Lynn-ized boron system semi-conductor layer of low resistance of the above-mentioned high electron hole concentration — discontinuity — it is [that a semi-conductor layer is only concluded and]. That is, even when obtaining the Lynn-ized boron system semi-conductor layer of which conduction type of n form or p form, a best policy depends on the undoping means which does not add an impurity intentionally.

[0024] The conduction type of the Lynn-ized boron system semi-conductor layer of undoping can adjust and control membrane formation temperature. The membrane formation temperature suitable for obtaining the undoping phosphorus-ized boron system semi-conductor layer of n form is 750 degrees C – 950 degrees C about. It is about 1000 degrees C – about 1200 degrees C that it is suitable for on the other hand obtaining p form Lynn-ized boron system semi-conductor layer of undoping. Especially, the range of about 1025 degrees C – about 1100 degrees C is suitable. The Lynn-ized boron system semi-conductor layer which formed membranes at the elevated temperature exceeding about 1000 degrees C, and especially the Lynn-ized boron (boron monophosphide) layer of the monomer containing the twin crystal (twinning) which makes the {111}-crystal face a twin boundary side can be suitably used as 1st or 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer. The twin crystal contained inside a layer can contribute for bringing about the Lynn-ized boron system semi-conductor layer which eases the mistake mitt (misfit) of a grid with a luminous layer etc., and is excellent in crystallinity. the [moreover, /, such as boron (B) supplied to the membrane formation system of reaction,] — Lynn to the concentration of the sum total an III group's configuration element — the ratio of the concentration of the sum total of the Vth group configuration elements, such as (P), and the so-called V/III ratio also affect control of conduction type. n form Lynn-ized boron system semi-conductor layer of undoping becomes is easy to be obtained, so that a V/III ratio is made into a high ratio, when membrane formation temperature is made the same.

[0025] the 6th operation gestalt of this invention — setting — the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer — the — IV group element consists of Lynn-ized boron system semi-conductor layers of the 2nd conduction type added intentionally. The 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer is arranged to the silicon single crystal substrate in the remoteness location rather than the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer. For this reason, as compared with the case of the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer, the concentration of the silicon atom which diffuses the silicon single crystal of a substrate as the origin is in the situation which decreases. for this reason, the case of the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer — differing — the [to the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer] — the [with the above suitable for addition of IV group element] — it becomes a means convenient for obtaining the atomic concentration of IV group element. the [to add] — in IV group element, carbon (C), silicon (Si), germanium (germanium), and tin (Sn) can be illustrated. In the carbonaceous source of addition, carbon content compounds, such as methane (CH_4), trimethyl phosphorus (CH_3) (3P), and carbon tetrabromide (CBr_4), can be illustrated. In the source of doping of silicon, silicon content gases, such as a silane (SiH_4) and a disilane (Si_2H_6), can be illustrated.

[0026] since the conductive layer of high carrier concentration has already been obtained like the above in the state of undoping even if it does not add n form or p form impurity — here — the — adding IV group element in order to control the conduction type of the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer — if — there is nothing, the [which was added to the luminous layer to the last] — diffusion inside the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer of IV group element — controlling — the [in a luminous layer] — it is for maintaining the atomic concentration of IV group element to the concentration for bringing about luminescence of high intensity. the — IV group element is made below into the concentration of the Lynn atom which occupies the boron hole which governs the conduction type of the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer, or the boron atom which occupies the Lynn hole. the concentration of the donor in whom the hole participated, or an acceptor component — exceeding — abundant — the — even if it adds IV group element, it is [that the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer by which surface surface smoothness was spoiled is only concluded, and].

[0027] the [which is contained in the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer with the 7th operation gestalt of this invention] — the [which is added to IV group element and a luminous layer] — IV group impurity is made the same. the [which is made to exist in a luminous layer and the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer] — the [by making IV group element the same / between both layers] — the counter diffusion of IV group element can be controlled. the [furthermore, / in both layers] — the atomic concentration of IV group element — abbreviation — the [equivalent, then] — the diffusion to the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer from the luminous layer of IV group element — effectiveness can be

raised more for controlling the both sides of the diffusion to a luminous layer from the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer conversely, a luminous layer and the 2nd Linn-ized boron system half conductor layer -- the [in ** and a layer] -- the atomic concentration of IV group element -- the -- it can adjust with the amount of doping of IV group element. the -- the [which was chosen so that the criteria with which the atomic concentration of IV group element should be doubled may obtain luminescence of high intensity to the last / of a luminous layer] -- it is the atomic concentration of IV group element. the [of the 1st or 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer] -- the case where the atomic concentration of IV group element is not in agreement with the optimal atomic concentration of a luminous layer -- the [in the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers] -- it is desirable to adjust the atomic concentration of IV group element to less than **30% in a difference on the basis of the optimal concentration of a luminous layer. the [furthermore, / of the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers] -- making the atomic concentration of IV group element agree in it of a luminous layer -- the -- the counter diffusion of IV group element is controlled and it becomes the most convenient for obtaining the luminous layer which gives luminescence of high intensity.

[0028] the [moreover, / between a luminous layer and the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer], so that the difference in the atomic concentration of IV group element is size -- the [between a luminous layer and the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer] -- diffusion of IV group element becomes remarkable. the [therefore, / of the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer] -- the atomic concentration of IV group element -- the [of a luminous layer] -- it is optimal that it is the same as that of the atomic concentration of IV group element. at least -- the [of a luminous layer] -- it is desirable that it is the atomic concentration which is in **30% of range to the concentration of IV group element. There is an example to which the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer which consists of a Linn-ized boron layer of n form where silicon atom concentration was adjusted in 3×10^{18} atom / cm^3 as a good example of the 8th operation gestalt of this invention about n form luminous layer which sets silicon atom concentration to 3×10^{18} atom / cm^3 is joined. the interior of the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer -- especially -- the [in the direction of thickness], so that distribution of the atomic concentration of IV group element is made uniform -- the [from the luminous layer to the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer] -- effectiveness can be raised for controlling diffusion of IV group element. The 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers which are different in the conduction type which pinches a luminous layer moreover, with the same ingredient and the distorted amount impressed [of a luminous layer] from the upper and lower sides by constituting from a semi-conductor layer of the same thickness to a luminous layer -- the [from equal, then the luminous layer to the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers] -- effect is taken more by controlling diffusion of IV group element.

[0029] the [which makes a luminous layer exist in the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer list with the 9th operation gestalt of this invention] -- let IV group element be silicon (Si). silicon -- the -- it is the element of difficulty diffusibility also in IV group element, for example, becomes convenient for controlling the diffusion to a luminous layer from the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer. Furthermore, the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer of the silicon atom concentration which makes a difference smallness within **30% on the basis of the atomic concentration of the silicon of a luminous layer inhibits diffusion of the silicon atom to a luminous layer, and becomes still more effective in maintaining the silicon atom concentration in a luminous layer the optimal. as for example, the example of 1 configuration -- silicon atom concentration -- about -- the n form $\text{GaXIn}_{1-\text{X}}\text{N}$ ($0 \leq \text{X} \leq 1$) luminous layer set to 4×10^{18} atom / cm^3 , and silicon atom concentration -- about -- there is heterojunction structure with the 1st and 2nd Linn-ized boron (BP) layers set to 5×10^{18} atom / cm^3 .

[0030] Temporarily, when the 1st conduction type is made into p form, undoping can constitute the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer from the Linn-ized boron (BP) layer of p form. The boron atom which works as an acceptor component and which occupies the Linn hole exists in p form Linn-ized boron (BP) of undoping so much. Therefore, it does not come to decrease very the electron hole (hole) concentration of an undoping p form Linn-ized boron (BP) layer, therefore conduction type does not change in the place which made p form Linn-ized boron (BP) layer of undoping which makes the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer contain a silicon atom like the above by less than [10^{18}cm^{-3} - $3 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$] three atomic concentration. On the other hand, the 1st conduction type is made into n form, and when it constitutes the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer from n form Linn-ized boron (BP) of undoping, even if it is, the Linn atom which occupies the boron hole of a donor component exists in the n form BP layer of undoping by the high concentration exceeding the double [about] figures silicon atom of less than [10^{18}cm^{-3} - $3 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$] three concentration. Therefore, a lot of donors in whom the hole participated cannot be compensated electrically enough in the place where the silicon which is ***** and an amphoteric acted as an acceptor (compensate), but the conduction type of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer is maintained by n form. therefore -- the 10th operation gestalt of this invention -- the -- the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers are constituted as below the concentration of the donor in whom the above-mentioned hole participates the atomic concentration of IV group element, or an acceptor component. in order to compensate electrically the donor or acceptor in which these holes participate -- the -- in the place which doped IV group element so much, a lot of doping beyond whenever [dissolution] will be performed, and it originates in the appearance of the sludge containing a dopant etc., is coarse, and is [that

the Linn-ized boron system semi-conductor layer which lacks in surface smoothness is only brought about, and]. The Linn-ized boron system semi-conductor layer of undoping can constitute the Linn-ized boron system semi-conductor layer of low resistance for [which receives a luminous layer], for example, constituting an obstruction (clad) layer most suitably and simple so that this invention may describe.

[0031]

[Function] the [which contains conduction type in the 1st and 2nd different Linn-ized boron system semi-conductor layers] -- the [by which IV group element was intentionally added by the luminous layer (doping)] -- the operation which controls the 1st of IV group element, and the diffusion to the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer -- having -- the [inside a luminous layer] -- it has the operation which brings about luminescence of high intensity for the atomic concentration of IV group element and which boils and maintains to the optimal concentration.

[0032] the [which is contained in the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers] -- without the silicon as an IV group element changes the conduction type of the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers in an undoping condition -- the [more effective in controlling the atomic diffusion to a luminous layer, or diffusion of the hard flow than both layers] -- it acts as an IV group element kind.

[0033]

[Example] (The 1st example) The 1st conduction type of a publication in the text is made into n form, the case where the Linn-ized boron system semi-conductor LED is constituted using the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer of n form and the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer of p form is made into an example by making the 2nd conduction type into p form, and this invention is explained concretely.

[0034] The mimetic diagram of LED1B concerning the 1st example is shown in drawing 1 . Moreover, the cross section of LED1B in alignment with broken-line X-X' shown in drawing 1 is shown in drawing 2 .

[0035] Laminating structure 1A of an LED1B application formed the n form Si single crystal of the antimony (Sb) dope which uses the crystal face (111) as a front face as a substrate 101. a substrate 101 top -- boron triethyl (C₂H₅) (3B) / phosphine (PH₃) / hydrogen (H₂) system ordinary pressure MOCVD -- the buffer coat 102 which consists of Linn-ized boron which makes an amorphous substance a subject in the state of as-grown at 350 degrees C by law was deposited. The thickness of a buffer coat 102 could be 5nm.

[0036] After ending membrane formation of a buffer coat 102, the temperature of a substrate 101 was raised at 1050 degrees C. The laminating of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 which sets to about 330nm thickness which consists of an n form Linn-ized boron (BP) layer of undoping on the front face of a buffer coat 102 was carried out after the temperature up using the above-mentioned MOCVD vapor growth means. After ending membrane formation of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 of the 1st conduction type (the 1st example n form), in 1050 degrees C, this layer is held for 10 minutes within the ambient atmosphere which mixed a phosphine (PH₃) and hydrogen (H₂). The incorporation by the interior of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 of the silicon atom diffused from the silicon single crystal substrate 101 was urged. a general secondary ion mass spectrometry (SIMS) -- depending -- the silicon atom concentration inside the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 -- about 4 -- the quantum was carried out to $\times 10^{18} \text{cm}^{-3}$. The carrier concentration of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 was abbreviation $8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$. Moreover, the band gap in the room temperature of BP layer of the monomer which makes the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 was called for with about 3.0eV from the photon energy dependency of the product value ($=2$ and η -kappa) of a refractive index (η) and an extinction coefficient (κ).

[0037] the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 top -- trimethylgallium (CH₃) (3Ga) / trimethylindium (CH₃) (3In) / ammonia (NH₃) / H-2 system ordinary pressure MOCVD -- in 850 degrees C, the laminating of the luminous layer 104 which consists of a gallium nitride indium (Ga_{0.94}In_{0.06}N) of n form was carried out by law. At the time of membrane formation of a luminous layer 104, disilane (Si₂H₆)-hydrogen (H₂) mixed gas was used, and silicon (Si) was doped at it. The amount of doping of the silicon to a luminous layer 104 was set up so that the silicon atom concentration in this layer 104 might be set to abbreviation $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$. The thickness of a luminous layer 104 could be 50nm.

[0038] On the front face of a luminous layer 104, the laminating of the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer 105 which consists of Linn-ized boron (BP) of p form which is the 2nd conduction type was carried out. the 3 B/PH₃/H-2 system ordinary pressure MOCVD as the case of the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer with the 2nd same (C₂H₅) Linn-ized boron system semi-conductor layer 105 of the 2nd conduction type (the 1st example p form) -- membranes were formed at 850 degrees C by law. the atomic concentration of the silicon which remains in this layer 105 at the time of membrane formation of the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer 105 (residual) -- about 2 -- although it is $\times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ -- taking an example -- total silicon atom concentration -- about 4 -- silicon was doped using disilane-hydrogen mixed gas so that it might be set to $\times 10^{18} \text{cm}^{-3}$. Carrier concentration of the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer 105 was set to abbreviation $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$. Thickness could be about 330nm as well as the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103. The 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer 105 as well as the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 consisted of Linn-ized boron (BP) of the monomer which sets the band gap in a room temperature to about 3.0eV.

[0039] The light-emitting part of a pn junction mold double heterojunction (DH) structured type consisted of the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers 103 and 105 which are different in conduction

type, and a luminous layer 104. The quantum result of the silicon atom concentration of the depth direction of each configuration layers 103-105 which constitute the light-emitting part which depends on SIMS analysis general to drawing 3 is shown. The silicon atom concentration of the 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers 103 and 105 became about 0.8 times on the basis of the silicon atom concentration of a luminous layer 104. That is, as compared with the silicon atom concentration of a luminous layer 104, it became low concentration about 20%. Moreover, as shown in drawing 3, it was admitted in the depth direction (the direction of thickness) of each configuration layers 103-105 that the silicon atom was distributed over Mr. abbreviation 1. The 1st and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers 103 and 105 which pinch a luminous layer 104 in that balance was maintained at silicon atom concentration in the internal luminous layer 104, 1st, and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers 103 and 105, and a list by the same matter. And since it constituted from a semiconductor material (= BP) of the same thickness, it was judged that diffusion of the silicon atom from the luminous layer 104 to the 1st or 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 and 105 or the diffusion to the hard flow was controlled.

[0040] The surface electrode 106 which consists of three-layer multistory structure of Au-Zn / (nickel nickel) / gold (Au) which has arranged the ohmic (Ohmic) electrode which becomes a side in contact with this layer 105 from gold and a zinc (Au-Zn) alloy was formed in the center section of the front face of the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer 105 of p form. The surface electrode 106 which serves as the plinth (pad) electrode for connection was used as the circular electrode which sets a diameter to about 120 micrometers. Moreover, all over the abbreviation for the rear face of the n form Si single crystal substrate 101, the ohmic electrode which consists of an aluminum antimony (aluminum-Sb) alloy as a rear-face electrode 107 has been arranged, and LED1B was constituted. The thickness of the aluminum-Sb vacuum evaporatio film could be about 2 micrometers. After forming a front face and the rear-face electrodes 106 and 107, Si single crystal which forms a substrate 101 was cut out in the direction parallel to the [211] directions, and perpendicular, and it was referred to as LED1B of the square which sets one side to about 350 micrometers.

[0041] When conduction of the operating current of 20mA (mA) was carried out between a surface electrode 106 and the rear-face electrode 107 in the forward direction, the violet band light which sets wavelength to about 430nm from LED1B was emitted. The brightness in the chip (chip) condition measured using a common integrating sphere became a 9mm candela (mcd), and LED1B of high luminescence reinforcement was offered. moreover, forward voltage (Vf, however forward current = 20mA) -- about 3 -- it is V and reverse voltage (VR, however reverse current = 10microA) became more than 5V. From this good rectifying characteristic, it was taught that disorderly-ization of the heterojunction interface based on diffusion of the silicon atom between the luminous layer 104, 1st, and 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layers 103 and 105 is inhibited (refer to the work edited by the opto-electronics common lab, "the basic technique of an optoelectronic integrated circuit" (August 20, 1989, Ohm-Sha Issue, the 1st edition 1st **), and 371 - 384 pages).

[0042] (The 2nd example) The 1st conduction type is made into p form, the case where the Linn-ized boron system semi-conductor LED is constituted using the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer of p form and the 2nd Linn-ized boron system semi-conductor layer of n form is made into an example by making the 2nd conduction type into n form, and this invention is explained concretely.

[0043] The cross section of LED2B concerning **** 2 example is shown in drawing 4. In laminating structure 2A shown in drawing 4, the same sign as drawing 1 or drawing 2 is attached about the same component as laminating structure 1A illustrated to drawing 1 and drawing 2.

[0044] Laminating structure 2A of an LED2B application formed the p form Si single crystal of the boron (B) dope which uses the crystal face (111) as a front face as a substrate 101.

[0045] the front face of a substrate 101 -- the 3 (C2H5) B/PH3/H-2 system reduced pressure MOCVD -- it depended on law and the laminating of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 which consists of a p form Linn-ized boron (BP) layer by undoping at 1075 degrees C was carried out. The pressure at the time of membrane formation was held in about 0.2 atmospheric pressures. the silicon atom which invades from the silicon single crystal substrate 101 while [15 minutes] achieving membrane formation of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 of the 1st conduction type (the 2nd example p form), and is diffused -- being based -- the silicon atom concentration inside a layer 103 -- about 7 -- it amounted to $\times 10^{18} \text{cm}^{-3}$. even if silicon atom concentration turns into such high concentration -- considering the sense of thermoelectromotive force -- ("semiconductor technology (above)" of a publication in the text, refer to 119 - the 120 page), and this layer 103 -- the conductivity of p form -- maintaining -- **** -- the carrier concentration -- about 2 -- it is checked separately that it is $\times 10^{19} \text{cm}^{-3}$. Moreover, the thickness of the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 could be about 210nm. The band gap in the room temperature of BP layer of the monomer which makes the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 was about 3.0eV.

[0046] since [moreover,] the 1st Linn-ized boron system semi-conductor layer 103 set the rate of a supply quantitative ratio (= PHs 3/(C2H5) 3B) with PHs 3 and 3 (C2H5)B to the MOCVD system of reaction to 90 and the membrane formation rate was formed as a part for 30nm/-- the interior -- twin crystal 108 -- abbreviation -- it became what is included by the uniform consistency. Twin crystal 108 was what makes the {111}-crystal face of Linn-ized boron (BP) a twin boundary side. Although it could consider that twin crystal

was also a kind of stacking fault (stacking fault) (refer to hill *****, "crystal electron microscope study" (November 25, 1997, the 1st Edition of Uchida Rokakuho Publishing Issue), and 111 - 112 pages), it did not come to distinguish clearly which stacking fault (refer to the above-mentioned "crystal electron microscope study" and 141 pages) of a format of an intrinsic mold or an EKUSU thorin chic (extrinsic) mold.

[0047] the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer 103 top -- the $3(\text{CH}_3)\text{Ga}/(\text{CH}_3)_3\text{In}/\text{NH}_3/\text{H}_2$ system reduced pressure MOCVD -- by law, it was alike, it set at 800 degrees C, and the laminating of the luminous layer 104 which consists of an n form gallium nitride indium ($\text{Ga}_{0.90}\text{In}_{0.10}\text{N}$) which doped Si was carried out. The luminous layer 104 formed membranes under reduced pressure of about 0.8 atmospheric pressures. Thickness could be about 50nm. At the time of membrane formation of a luminous layer 104, $\text{Si}_2\text{H}_6\text{-H}_2$ mixed gas was used, and silicon was doped at it so that the silicon atom concentration in a layer might be set to abbreviation $7 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$. The above-mentioned silicon element concentration inside the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer 103 is more nearly extraordinarily [than the concentration of the boron (B) atom which occupies the Lynn (P) hole] low, and the front face of this layer 103 came to excel in surface smoothness. For this reason, the front face of the luminous layer 104 formed on the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer 103 does not have a projection, either, and became flat.

[0048] On the front face of a luminous layer 104, the laminating of the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer 105 which consists of Lynn-ized boron (BP) of n form was carried out. the time of membrane formation of the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer 105 of the 2nd conduction type (the 2nd example n form) -- the residual concentration of the silicon atom in this layer 105 -- about 4 -- although it is $1 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ -- taking an example -- total silicon atom concentration -- about 7 -- silicon was doped using disilane-hydrogen mixed gas so that it might be set to $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$. This silicon atom concentration was farther [than the concentration of the Lynn (P) atom which occupies the hole of boron (B)] low, therefore reversal of the conduction type of the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer was not accepted. Moreover, by such silicon atom concentration, generating of the sludge containing silicon was not accepted but became the continuation film which has the flat front face of the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer 105. Carrier concentration of the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer 105 was set to abbreviation $1 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$. Thickness could be about 210nm as well as the 1st Lynn-ized boron system semi-conductor layer 103. The 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer 105 consisted of Lynn-ized boron (BP) of the monomer which sets the band gap in a room temperature to about 3.0eV. The light-emitting part of a pn junction mold double heterojunction (DH) structured type consisted of the 1st and 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layers 103 and 105 which are different in conduction type, and a luminous layer 104.

[0049] The surface electrode 106 has been arranged in the center section of the front face of the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer 105 of n form. The surface electrode 106 constituted the side in contact with the 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer 105 from three layer multistory film of Au-germanium/nickel/Au used as gold and the germanium (Au-germanium) alloy film. The diameter of the circular surface electrode 106 which serves as a plinth electrode was set to about 110 micrometers. All over the abbreviation for the rear face of the p form Si single crystal substrate 101, the ohmic electrode which consists of aluminum (aluminum) as a rear-face electrode 107 has been arranged, and LED2B was constituted. The thickness of aluminum vacuum deposition film could be about 3 micrometers. After forming a front face and the rear-face electrodes 106 and 107, the Si single crystal 101 was cut out in the direction parallel to the [211] directions, and perpendicular, and it considered as LED2B of the square which sets one side to about 350 micrometers.

[0050] The emission center wavelength at the time of carrying out conduction of the operating current of 20mA (mA) between a surface electrode 106 and the rear-face electrode 107 in the forward direction was set to about 440nm. Silicon atom concentration of a luminous layer 104 and the 1st [of a barrier layer] and 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layers 103 and 105 was made the same, since fluctuation of the silicon atom concentration in the luminous layer 104 based on diffusion was inhibited, the brightness in the chip (chip) condition measured using a common integrating sphere became an about 10mm candela (mcd), and LED2B of high luminescence reinforcement was offered. moreover, the forward voltage (= Vf) for which the good rectifying characteristic was demonstrated and it asked from the current-electrical-potential-difference (I-V) property -- about 3 -- it was V (however, forward current = 20mA), and reverse voltage is 7V (however, reverse current = 10microA), and LED2B which is also high pressure-proofing was offered.

[0051]

[Effect of the Invention] the [which will be prepared on the substrate which consists of a silicon single crystal, and will bring about luminescence of high intensity if it depends on this invention / which was alike and was added by the optimal atomic concentration] -- to the luminous layer which consists of an III-V group semi-conductor containing IV group element the, since the 1st and 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layers which are different in conduction type including IV group element are joined and pn junction mold heterojunction structure is constituted the [for example, / from a luminous layer] -- external diffusion of IV group element -- controlling -- effectiveness -- doing so -- the [in a luminous layer] -- the atomic concentration of IV group element can be maintained from a viewpoint of luminescence reinforcement to the optimal concentration, and the light emitting device of high luminescence reinforcement can be offered.

[0052] The 1st [which pinches a luminous layer and makes heterojunction structure by this invention

especially], or 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer a luminous layer and abbreviation -- the [equivalent], since it constitutes from a conductive semi-conductor layer of the 1st or 2nd conduction type which has the atomic concentration of IV group element the [resulting from the difference in atomic concentration] -- effectiveness is raised for controlling the counter diffusion of IV group element -- having -- the [in a luminous layer] -- the atomic concentration of IV group element can be maintained from a viewpoint of luminescence reinforcement to the optimal concentration, and the light emitting device of high luminescence reinforcement is brought about -- it can be alike and can contribute.

[0053] Moreover, the 1st [which pinches luminescence and makes heterojunction structure by this invention especially], or 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer the [as what was doped to the luminous layer / same], since it constitutes from a conductive semi-conductor layer of the 1st or 2nd conduction type containing IV group element the [resulting from the difference in atomic concentration] -- effectiveness is further raised for controlling the counter diffusion of IV group element -- having -- the [in a luminous layer] -- the atomic concentration of IV group element can be maintained from a viewpoint of luminescence reinforcement to the optimal concentration, and the light emitting device of high luminescence reinforcement can be brought about.

[0054] Moreover, the 1st [which pinches luminescence and makes heterojunction structure by this invention especially], or 2nd Lynn-ized boron system semi-conductor layer the [as what was doped to the luminous layer / same] -- IV group element -- abbreviation, since it constitutes from a conductive semi-conductor layer of the 1st or 2nd conduction type included by the same atomic concentration the [resulting from the difference in atomic concentration] -- effectiveness is further raised for inhibiting the counter diffusion of IV group element -- having -- the [in a luminous layer] -- the atomic concentration of IV group element can be maintained from a viewpoint of luminescence reinforcement to the optimal concentration, and the light emitting device of high luminescence reinforcement can be brought about.

[0055] furthermore -- this invention -- the, since it considered as the laminating configuration in which the Lynn-ized boron system semi-conductor layer of the 1st or 2nd conduction type made below into the concentration of the boron (B) atom which occupies the Lynn (P) atom or the Lynn hole which occupies a boron (B) hole for the atomic concentration of IV group element is joined to a luminous layer If effectiveness is taken and spread on bringing about the luminous layer which may be excellent in surface surface smoothness, maintaining the conduction type in an undoping condition, the light emitting device which avoids the complicated nature which dopes an impurity which is therefore different in conduction type, and brings about luminescence of high intensity can be offered simple.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram of LED concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is a cross section in alignment with broken-line X-X' of LED shown in drawing 1 .

[Drawing 3] It is drawing showing concentration distribution of the depth direction of the silicon atom in LED concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 4] It is the cross section of LED concerning the 2nd example of this invention.

[Description of Notations]

1A, 2A Laminating structure

1B, 2B LED

101 Substrate

102 Buffer Coat

103 1st Lynn-ized Boron System Semi-conductor Layer

104 Luminous Layer

105 2nd Lynn-ized Boron System Semi-conductor Layer

106 Surface Electrode

107 Rear-Face Electrode

108 Twin Crystal

[Translation done.]